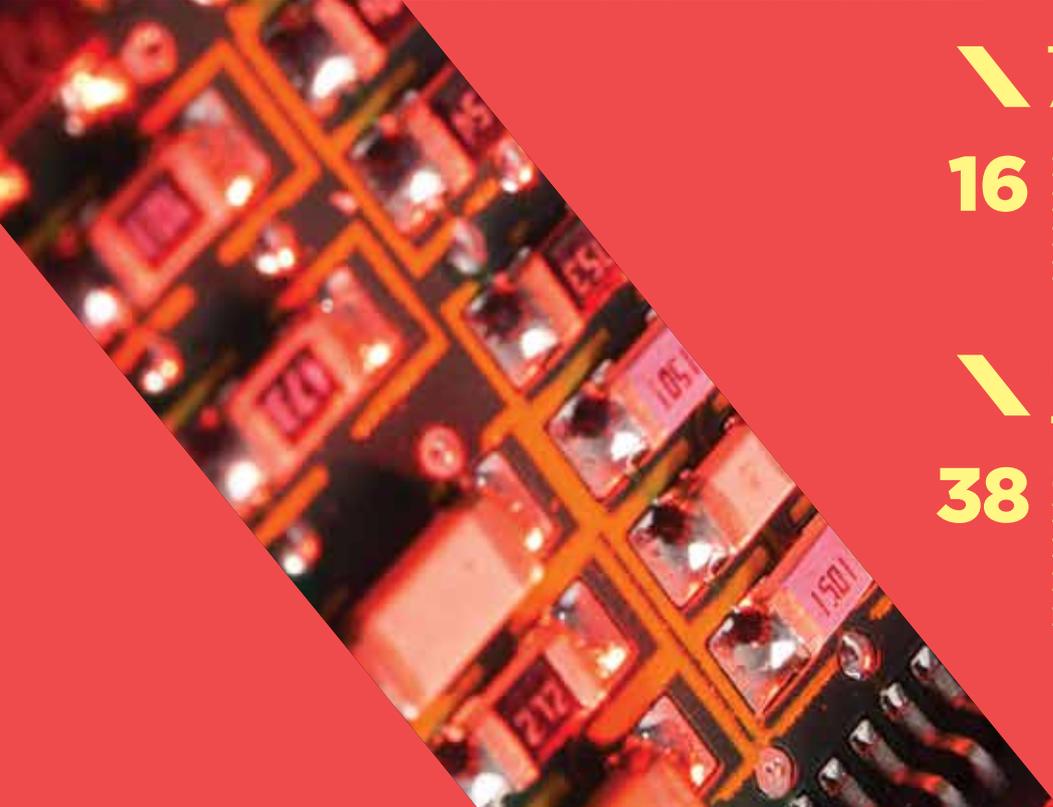


03 (24) май 2016

# ВЕКТОР

ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Научно-практический журнал



**ТЕХНОЛОГИИ**  
Александр Скупов

**16** ВАКУУМНОЕ КОРПУСИРОВАНИЕ  
НА УРОВНЕ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ  
МЭМС И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ПРИБОРОВ. ГЕТТЕРЫ

**КАЧЕСТВО**  
Дмитрий Кондрашов

**38** ЗАГЛУШАЙ И ВЛАСТВУЙ: КАК  
ПЕРЕСТАТЬ БЕСПОКОИТЬСЯ  
И ВЫБРАТЬ ПРАВИЛЬНУЮ  
БЕЗЭХОВУЮ АКУСТИЧЕСКУЮ  
КАМЕРУ ЗА 10 МИНУТ

**ТЕХПОДДЕРЖКА**  
Денис Поцелуев

**52** ЧИСТОТА — ЗАЛОГ ПРИПОЯ:  
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГРУППОВОЙ  
ПАЙКИ



ЛЕТ  
РАБОТАЕМ  
С УМОМ





#### Экономичность

До 5 раз дольше по сравнению с другими отмывочными жидкостями работают жидкости Zestron, производимые по запатентованной MPC-технологии и обладающие уникальным составом.

#### Подтвержденное качество

Более 10 лет жидкости Zestron успешно применяются в отечественном производстве РЭА ответственного и военного назначения, обеспечивая высокое качество отмывки и надежный результат.

#### Максимальная совместимость

Уникальный состав обеспечивает максимальную совместимость жидкостей со всеми узлами и деталями оборудования для отмывки, способствуя продолжительному сроку службы оборудования и минимизируя расходы на обслуживание и простои.

#### Контроль и стабильность

Только Zestron предлагает специальные тестовые наборы для контроля состояния раствора отмывочных жидкостей для своевременной корректировки концентрации и состояния раствора, обеспечивая максимальную стабильность и надежность процесса отмывки.

#### Эффективность и универсальность

Жидкости Zestron гарантированно и качественно удаляют более 500 видов материалов для пайки.

**ZESTRON**  
High Precision Cleaning

## Никаких полумер. Вся полнота преимуществ

Оригинальные отмывочные жидкости Zestron гарантируют непревзойденное качество отмывки и стабильность результата. Широкий ассортиментный ряд позволяет подобрать отмывочную жидкость для конкретной задачи: в соответствии с типом оборудования и процесса, характером загрязнений, индивидуальными требованиями.

Отличительной особенностью отмывочных жидкостей Zestron является высокая эффективность: качественная отмывка, совместимость с оборудованием и компонентами, экономичность. Жидкости Zestron успешно зарекомендовали себя на ведущих отечественных производствах РЭА.

Официальный эксклюзивный дистрибьютор Zestron Группа компаний Остек обеспечивает высококвалифицированную техническую и технологическую поддержку, поставку со склада и оперативную доставку по всей России с соблюдением всех условий транспортировки и хранения.



будущее  
создается



[www.ostec-materials.ru](http://www.ostec-materials.ru)  
(495) 788 44 44  
[materials@ostec-group.ru](mailto:materials@ostec-group.ru)





### Уважаемые читатели!

«Качество никогда не возникает случайно; оно всегда представляет собой результат ясного намерения, искреннего усилия, разумного руководства и квалифицированного исполнения; оно достигается мудрым выбором из многих альтернатив»\*.

Сегодня большинство экспертов сходятся в следующем: чтобы фирма могла выжить в современном глобальном экономическом измерении, ей необходимо обеспечить мировой уровень эффективности всех организационных систем, используемых в процессе производства высококачественной продукции и услуг, реализуемых по конкурентоспособным ценам. И, видимо, неспроста авторы третьего номера журнала «Вектор высоких технологий» размышляют на темы тестирования, технологий контроля, различных видов и методов испытаний, которые в конечном итоге долж-

ны служить созданию продукта или услуги, соответствующих требованиям клиента по качеству и цене.

Недаром исследователи, изучающие феномен производственной системы Toyota, по сути, делают один и тот же вывод. Чем бы ни занималось японское правительство, и что бы ни происходило с курсом иены и прочими макроэкономическими факторами, они «встраивают качество» в процесс разработки и работают над ним на каждой стадии производственного процесса, умудряясь уложиться в чрезвычайно сжатые сроки.

И это может стать хорошим рецептом, о котором стоит подумать отечественным производителям продукции в существующей экономической ситуации.

Приятного чтения!

**Антон Большаков, директор по маркетингу**

\* William A. Foster

Научно-практический журнал «Вектор высоких технологий»,  
свидетельство регистрации: ПИ № ФС 77 — 60644 от 20.01.2015, учредитель ООО Предприятие Остек.

Редакционная группа: Большаков Антон, Волкова Ирина.

121467, Москва, Молдавская ул., д. 5, стр. 2.

E-mail: [marketing@ostec-group.ru](mailto:marketing@ostec-group.ru)

тел.: 8 (495) 788-44-44

факс: 8 (495) 788-44-42

Оформить бесплатную подписку на журнал можно на сайте [www.ostec-press.ru](http://www.ostec-press.ru)



# В НОМЕРЕ

## НОВОСТИ

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 4 | 30 МАРТА ПРОШЛА ПЕРВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЦИФРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА-2016» | 6 | СДЕЛАЕМ 2016 ГОД ТИШЕ... С АКУСТИЧЕСКИМИ КАМЕРАМИ IAS ACOUSTICS                               |
| 6 | ОСТЕК-ЭЛЕКТРО И ANAPISO LTD ПОДПИСАЛИ ДИСТРИБЬЮТОРСКИЙ КОНТРАКТ            | 7 | ОСТЕК И STOCKMEIER URETHANES GMBH ЗАКЛЮЧИЛИ ДОГОВОР О ПОСТАВКАХ ЗАЛИВОЧНЫХ КОМПАУНДОВ И КЛЕЕВ |



ТЕХНОЛОГИИ стр. 16

## ТЕХНОЛОГИИ

**ЭФФЕКТИВНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ НАНОКОМПОЗИЦИИ ФФГ. ЧАСТЬ 2. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИЦИИ ФЕРРОФЕРРИГИДРОЗОЛЯ И ЕГО СВОЙСТВА. ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ШЛАМОВ.** ..... 8

Авторы: Светлана Шкундина, Александр Петренко

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВАКУУМА ПРИ КОРПУСИРОВАНИИ НА УРОВНЕ ПЛАСТИНЫ. ГЕТТЕРЫ** ..... 16

Автор: Александр Скупов

## КАЧЕСТВО

**ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ «НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНТРОЛЯ»** ..... 24

Автор: Василий Афанасьев

**РАБОТАЕМ НА «РАЗРЫВ». ОБЗОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ МАШИН КОМПАНИИ ЗР** ..... 30

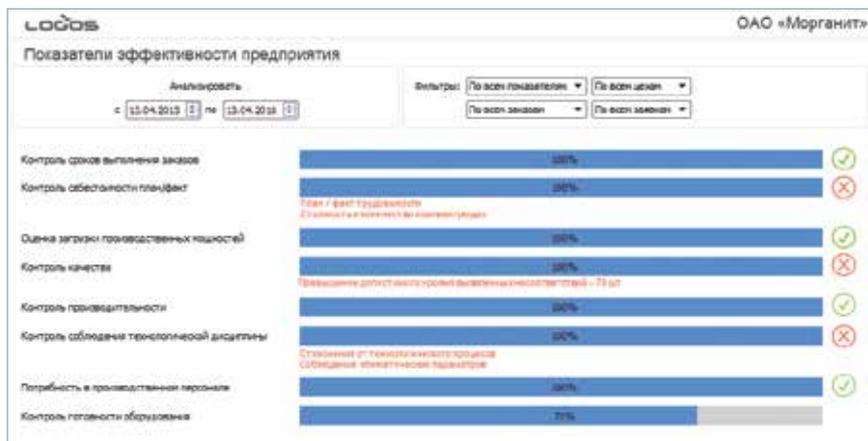
Автор: Анатолий Лютов

**ЗАГЛУШАЙ И ВЛАСТВУЙ: КАК ПЕРЕСТАТЬ БЕСПОКОИТЬСЯ И ВЫБРАТЬ ПРАВИЛЬНУЮ БЕЗЭХОВУЮ АКУСТИЧЕСКУЮ КАМЕРУ ЗА 10 МИНУТ** ..... 38

Автор: Дмитрий Кондрашов



КАЧЕСТВО стр. 30



ОПТИМИЗАЦИЯ стр. 48

## ОПТИМИЗАЦИЯ

**ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА УРОВНЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СТРУКТУРЫ — КОНЦЕРНА/КОРПОРАЦИИ . . . . . 48**

Автор: Антон Коробенков

## ТЕХПОДДЕРЖКА

**ЧИСТОТА — ЗАЛОГ ПРИПОЯ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ПАЙКИ . . . . . 52**

Автор: Денис Поцелуев

**СИСТЕМА ЗЕТА КОМПАНИИ КОМАХ КАК НОВАЯ ФИЛОСОФИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ. ВИЗИТ НА ЗАВОД «ГРУНДФОС ИСТРА» . . . . . 60**

Авторы: Владимир Мейлицев, Илья Шахнович



ТЕХПОДДЕРЖКА стр. 60

## АВТОРЫ НОМЕРА

- Светлана Шкундина**  
 Заместитель начальника отдела главного технолога  
 ООО «Остек-Сервис-Технология»  
 ost@ostec-group.ru
- Александр Петренко**  
 Главный специалист отдела главного технолога  
 ООО «Остек-Сервис-Технология»  
 ost@ostec-group.ru
- Александр Скупов**  
 Главный специалист технического сопровождения  
 ООО «Остек-Интегра»  
 materials@ostec-group.ru
- Василий Афанасьев**  
 Начальник отдела развития  
 ООО «Остек-СМТ»  
 lines@ostec-group.ru
- Анатолий Лютов**  
 Старший специалист по развитию и маркетингу  
 ООО «Остек-Тест»  
 test@ostec-group.ru
- Дмитрий Кондрашов**  
 Начальник группы волновых процессов технологического отдела  
 ООО «Остек-Электро»  
 ostecelectro@ostec-group.ru
- Антон Коробенков**  
 Начальник отдела комплексных проектов Технического управления  
 ООО «Остек-Инжиниринг»  
 okp1@ostec-group.ru
- Денис Поцелуев**  
 Начальник отдела продаж  
 ООО «Остек-Интегра»  
 materials@ostec-group.ru
- Владимир Мейлицев**  
 Журнал «Электроника: НТБ»  
 journal@electronics.ru
- Илья Шахнович**  
 Заместитель главного редактора журнала «Электроника: НТБ»  
 journal@electronics.ru

# НОВОСТИ

## 30 МАРТА ПРОШЛА ПЕРВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЦИФРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА-2016»

Для молодого, динамично развивающегося направления энергоэффективности (НЭЭ) Остек-СМТ это мероприятие стало своеобразным знаковым событием, подводющим итоги двух лет деятельности в области цифровой энергетики. Поэтому в его подготовку и качественную организацию было вложено немало усилий, а результатов, которые должны были показать обоснованность фокусировки направления на «цифровых» технологиях, все ожидали с волнением.

Отрадно, что всего за два года, благодаря высокому профессионализму специалистов НЭЭ, Остек-СМТ уже смог заручиться партнерской поддержкой таких влиятельных в отрасли компаний как Danfoss, «Бош термотехника»,

General Electric, АО «ГК «Таврида Электрик» и Microsoft, которые с воодушевлением приняли приглашение участвовать в конференции и поделиться своими наработками. Теплое отношение к событию со стороны АО «ГК «Таврида Электрик» понятно: компания является заказчиком продуктов и решений ГК Остек уже много лет. В числе гостей также были представители и других предприятий, имеющих с Остеком давние партнерские отношения. И очень важно, что внушительная группа участников, посетившая мероприятие Остек-СМТ впервые, а потому с особым пристрастием относившаяся ко всему происходящему, не осталась разочарованной.

Одной из целей конференции

было обсуждение ресурса по повышению энергетической эффективности ведущих промышленных предприятий военно-промышленного комплекса, атомной промышленности, транспортного и энергетического машиностроения. Суть этого ресурса в построении интеллектуальной системы взаимодействия инженерных систем и производственного оборудования и управлении их влиянием друг на друга.

В итоге тема оказалась не только актуальной для многих российских предприятий, но и чрезвычайно своевременной. Несмотря на бытующее мнение о пресловутом научно-техническом отставании отечественной промышленности, гости активно интересовались современными решениями. Выяснилось, что на целом ряде производств уже сделаны первые шаги к построению цифрового энергетического комплекса, т. е. единого автоматизированного комплекса управления энергетическим хозяйством, а прогрессивные российские разработки, включая программно-аналитический комплекс «Синтиз», представленный Остек-СМТ, имеют даже больший потенциал к использованию на отечественных производствах, нежели зарубежные аналоги. Эффективность их применения заключается не только в адаптации к отечественным условиям, но и в понимании разработчиками ключевых задач оптимизации расходования ресурсов на отечественных энергоемких предприятиях.



Заинтересованность гостей превзошла самые смелые ожидания. Большинство докладчиков вышло за рамки регламента, отвечая на многочисленные вопросы зала, а обсуждения стихли только через час после последнего доклада. Многие участники нашли возможность пообщаться с коллегами и партнерами, завязать полезные знакомства и даже наметить план сотрудничества, что также можно занести в актив мероприятия.

Все гости единодушно отметили высокий уровень организации конференции и пользу предоставленной информации. Представители нескольких предприятий изъявили желание участвовать в мероприятии в следующем году уже в качестве докладчиков, что лишний раз

явилось подтверждением востребованности данной темы и наличия перспективных отечественных разработок.

Несмотря на набирающую мощь тенденцию «оцифровывания» промышленности, включая тренд «Индустрия 4.0», конференция стала первым мероприятием у нас в стране, посвященным исключительно цифровой энергетике, где количество энергоемких предприятий больше, чем в абсолютном большинстве государств мира. Это значит, что первый, самый важный шаг, открывший путь к интеллектуальному управлению энергетикой, сделан и, как показала практика, сделан в правильном направлении.

Ждем вас на конференции в 2017 году!

Направление энергоэффективности Остек-СМТ сердечно благодарит всех участников и выражает особую признательность за помощь в организации мероприятия и высокое качество предоставленного материала приглашенным докладчикам:

- Хлупнову М. Р. (Microsoft)
- Попову А. И. (Danfoss)
- Парсегову Д. М. (General Electric)
- Смищенко-Миронову Ю. М, Первееву С. С., Аношину О. А. (АО «ГК «Таврида Электрик»)
- Бургардту М. Н. (ООО «Бош термотехника»)
- Эксаеву А. Р. (ИВЦ «Поток») 





## ОСТЕК-ЭЛЕКТРО И ANARICO LTD ПОДПИСАЛИ ДИСТРИБЬЮТОРСКИЙ КОНТРАКТ

В рамках выставки ЭлектронТехЭкспо 2016 состоялось торжественное подписание дистрибьюторского соглашения между ООО «Остек-Электро» и Anarico Ltd. Согласно условиям контракта, Остек-Электро является эксклюзивным дистрибьютором продукции Anarico на территории Российской Федерации и стран таможенного союза ЕАЭС (Россия, Киргизия, Белоруссия, Казахстан, Армения).

Anarico — швейцарская компания со штаб-квартирой в городе Цюрих. Здесь, в сердце Швейцарии, сосредоточены дивизионы разработчиков и производственные площади компании, что позволяет добиваться высочайшего качества продукции и значительного снижения сроков на производства аппаратуры. На все оборудование компании Anarico распространяется 5-летняя гарантия.

Остек-Электро представляет следующие решения швейцарской компании Anarico:

- Аналоговые генераторы сигналов СВЧ до 26,5 ГГц.
- Многоканальные фазокогерентные генераторы сигналов СВЧ до 20 ГГц. Количество каналов от 2 до 8 в зависимости от модели.
- Измерители фазовых шумов в непрерывном и импульсном режимах до 26,5 ГГц.

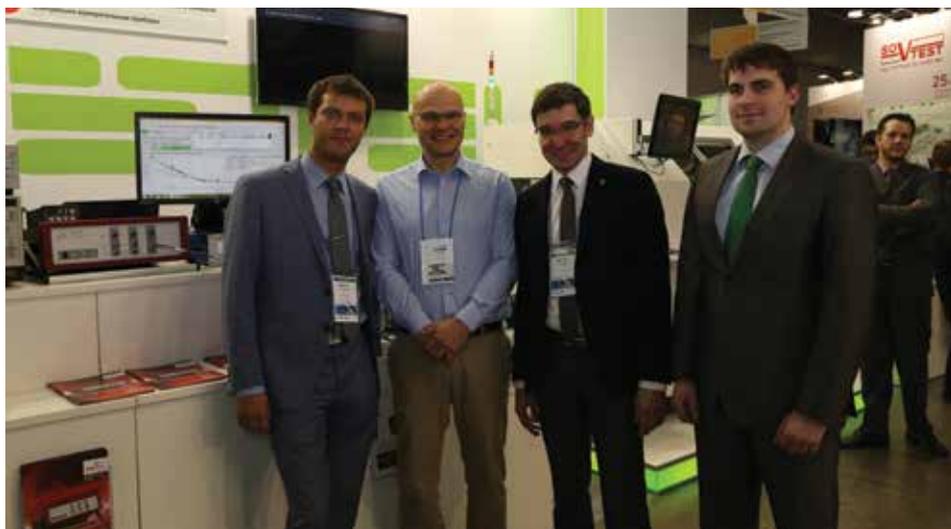
С парком демонстрационного оборудования можно ознакомиться в нашем демозале по адресу: Москва, ул. Молдавская, д. 5, стр. 2. За дополнительной информацией обращайтесь по электронной почте: [ostelectro@ostec-group.ru](mailto:ostelectro@ostec-group.ru). 

## СДЕЛАЕМ 2016 ГОД ТИШЕ... С АКУСТИЧЕСКИМИ КАМЕРАМИ IAC ACOUSTICS

ООО «Остек-Электро» стало эксклюзивным дистрибьютором ведущего мирового производителя в области акустических измерений и испытаний IAC Acoustics.

Благодаря комплексным средствам тестирования обеспечиваются:

- различные виды измерений и испытаний в акустических безэховых и полубезэховых камерах согласно большинству отечественных гражданских и военных стандартов;
- измерения спектра акустического сигнала в «тихой зоне» на частоте от 25 Гц до 20 кГц;
- испытания с уровнем звукового давления в реверберационной камере до 170 дБ;
- защита информации;
- экранирование акустических камер;
- разработка и создание студий для звукозаписи;
- ремонт и модернизация имеющейся акустической камеры. 



## ОСТЕК И STOCKMEIER URETHANES GMBH ЗАКЛЮЧИЛИ ДОГОВОР О ПОСТАВКАХ ЗАЛИВОЧНЫХ КОМПАУНДОВ И КЛЕЕВ

Группа компаний Остек и компания Stockmeier Urethanes GmbH подписали дистрибьюторское соглашение: с 1 марта 2016 года Остек является официальным и единственным дистрибьютором материалов Stockmeier Urethanes на территории Российской Федерации, Республики Беларусь и Республики Казахстан. Соглашение распространяется на материалы серии Stobicast, Stobicoll (A, B, F, R), Stobielast.

Компания Stockmeier Urethanes GmbH уже много лет удерживает позицию одного из мировых лидеров по производству и поставкам полиуретановых заливочных компаундов и клеев.

Заливочные компаунды на основе полиуретана находят широкое применение при сборке светодиодной и светотехнической продукции, для заливки датчиков, реле и печатных узлов, для производства различных литых трансформаторов, конденсаторов, блоков питания, источников питания, преобразователей тока и т.д.

Компания Stockmeier является одним из мировых лидеров в области производства связующих материалов на основе полиуретана для бесшовных напольных покрытий и резиновой плитки, которые все чаще применяются в спортивных и промышленных областях.

Особенно развито использование материалов данного типа на спортивных объектах — напольные травмобезопасные покрытия стадионов,

залов, кортов, детских игровых и спортивных площадок.

Отличительной чертой продукции компании Stockmeier на протяжении многих лет является стабильное качество, подтвержденное многочисленными международными сертификатами (DIN EN ISO 9001:2002, VDA и т.д.). Возможность поставки материалов с изменяемыми параметрами дает практически безграничный потенциал решений различных индивидуальных задач для каждого производства.

Индивидуальный подход к задаче клиента, многолетний практический опыт реализации задач по



герметизации электротехнических изделий и возможность поставки материалов с изменяемыми параметрами, необходимыми заказчику, дает Остеку существенные возможности для удовлетворения разнообразных потребностей предприятий. 



# ТЕХНОЛОГИИ

## Эффективная очистка сточных вод с помощью нанокompозиции ФФГ.

Часть 2.  
Особенности процесса  
получения нанокompозиции  
ферроферригидрозоля  
и его свойства. Особенности  
образующихся шламов

Текст: Светлана Шкундина  
Александр Петренко

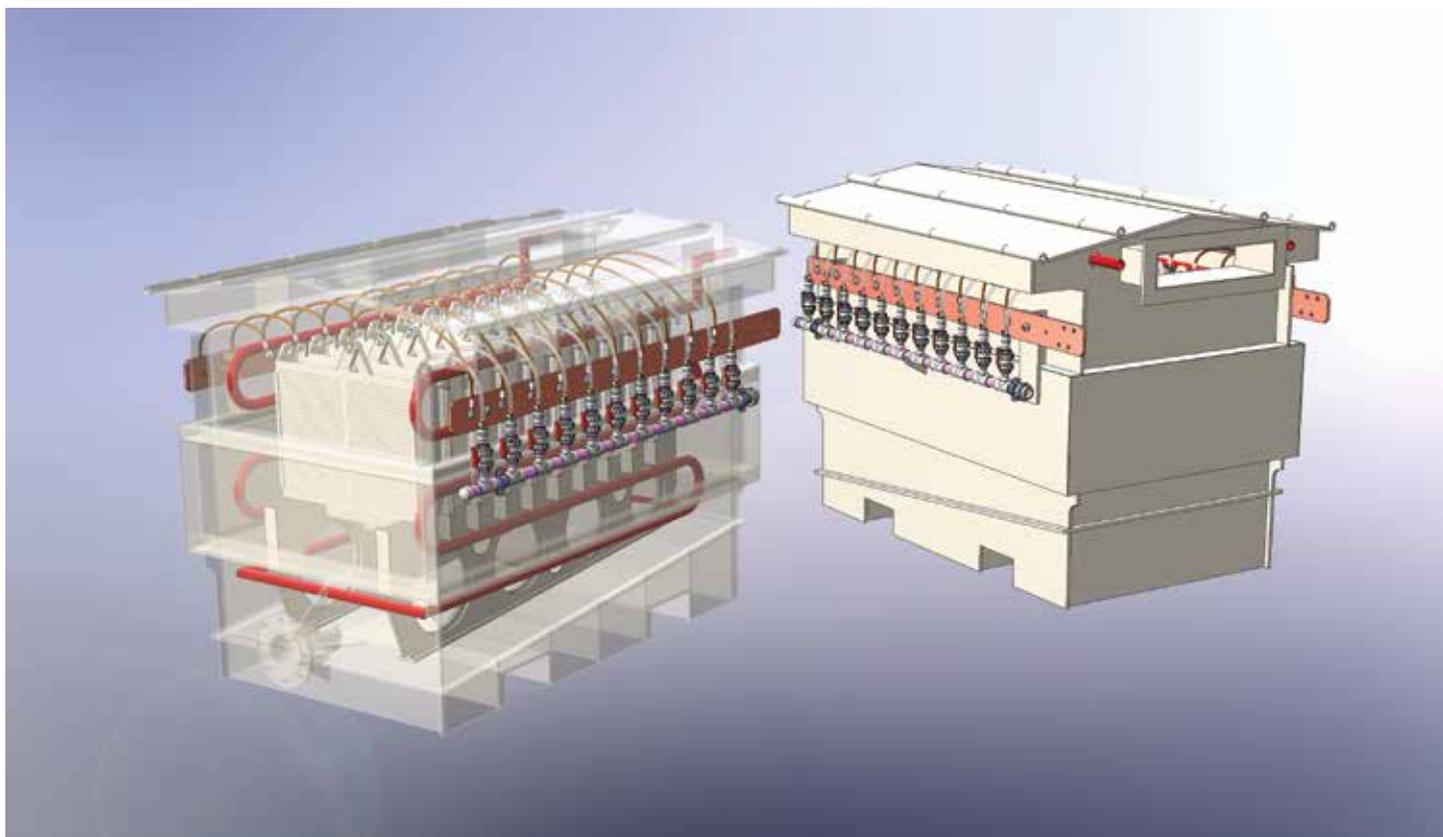
### Приготовление ферроферригидрозоля (ФФГ)

Технологическая схема обезвреживания стоков с применением ФФГ похожа по реализации на классическую реагентную схему. В этом случае основным осаждающим реагентом выступает полученная анодным растворением суспензия ФФГ. Готовая суспензия подаётся в накопитель. Из него, по мере надобности, — в реактор, где она смешивается, как обычный щелочной реагент, с отработанными водами, подлежащими обезвреживанию. Растворы щелочи и кислоты используются только для доведения pH, к тому же для этих целей могут применяться отработанные рабочие растворы. Заключительная операция очистки предусматривает седиментацию частиц и отделение твердой фазы. Раздельное приготовление ФФГ по данной технологии позволяет проводить электролиз в оптимальных с точки зрения образования ФФГ режимах и при более низком расходе электроэнергии.

Ферроферригидрозоля производится электрохимическим путем непосредственно на станции очистных сооружений в специальном генераторе рис. 1, входящем в состав оборудования. Отходы штамповки железа или железная стружка помещаются в специальную анодную ячейку (набор полипропиленовых засыпных кассет) и растворяются. Для интенсификации процесса и стабилизации образовавшихся коллоидных наночастиц в раствор вводится специальная добавка.

Постоянным током генераторы снабжаются от выпрямителей, а для засыпки кассет могут использоваться металлические отходы от собственных участков металлообработки или их можно приобретать на металлообрабатывающих производствах.

Обслуживание процесса несложное и не требует специальной квалификации. Станция работает в автоматическом режиме, управляемом разработанными

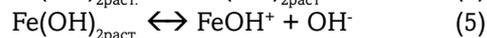
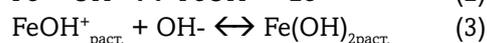
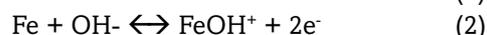


1 Генератор ФФГ

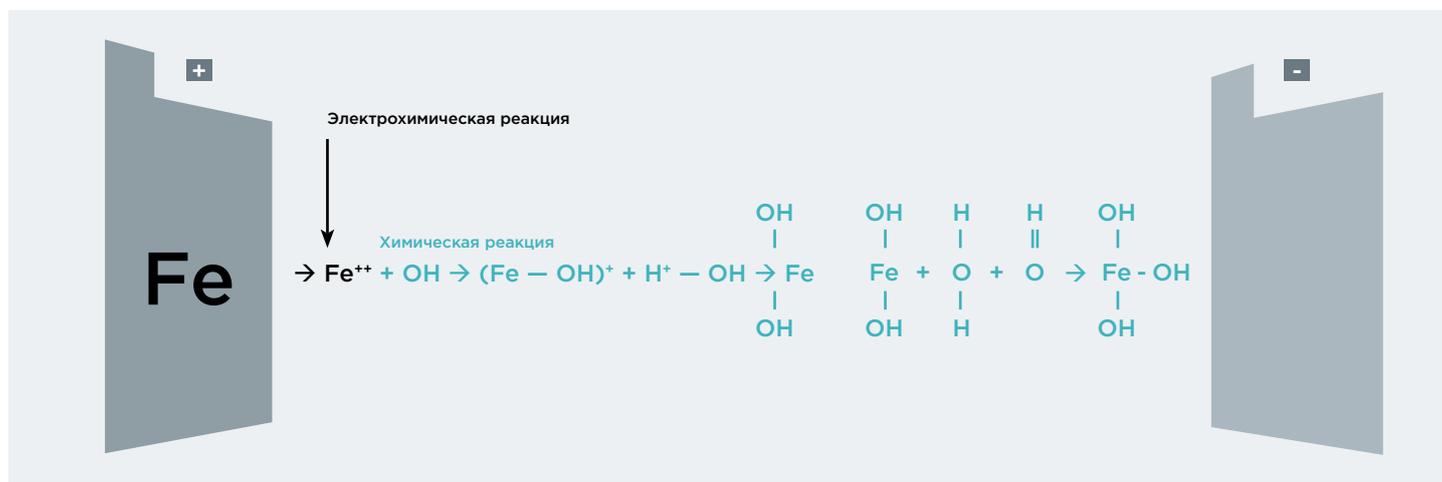
во время пусконаладочных работ индивидуальными алгоритмами. Алгоритмы разработаны на базе конкретных объемов производства и уровня загрязнения стоков. Оператор заранее получает данные о необходимых профилактических работах, о потребности пополнения материалов и другую информацию, позволяющую обеспечить длительную и непрерывную работу станции. Существующая технология постоянно совершенствуется за счет поиска наилучшего технологического регламента, наиболее удобных и экономичных решений конструкций нестандартного оборудования, автоматизации процессов.

Рассмотрим более подробно основные стадии процесса получения ФФГ. Во время электрохимической реакции в растворе происходит окислация железа и об-

разование ионов железа, которые тут же гидролизуются. Химический процесс, происходящий в пространстве вокруг железного анода, может быть разделен на несколько стадий: образование  $Fe^{2+}$  на поверхности анода, диффузия ионов в раствор, гидролиз и образование нерастворимых наночастиц в результате взаимодействия компонентов раствора<sup>1</sup>. В растворе последовательно происходят следующие превращения:



1 Ю. Будилковский и соавторы: Ферроферригидрозоля из наночастиц и его применение для очистки сточных вод гальванотехнологий, Jahrbuch Oberflächen technik, 66, 2010, pp.301-310.



2 Процессы растворения и гидролиза

Схематично процесс растворения и гидролиза представлен на рис 2.

Далее гидроксогруппы трансформируются в комплексные соединения, образуя олео-группы. Они составляют совокупность коллоидных наночастиц рис 3.

Приготовление ФФГ в генераторе отдельно от стадии очистки позволяет подбирать особые условия процесса: проводить электролиз при более низком расходе электроэнергии, регулировать токопроводность, температуру и состав электролита для большего выхода по току гидратированных ионов железа, а также вводить добавки, необходимые для

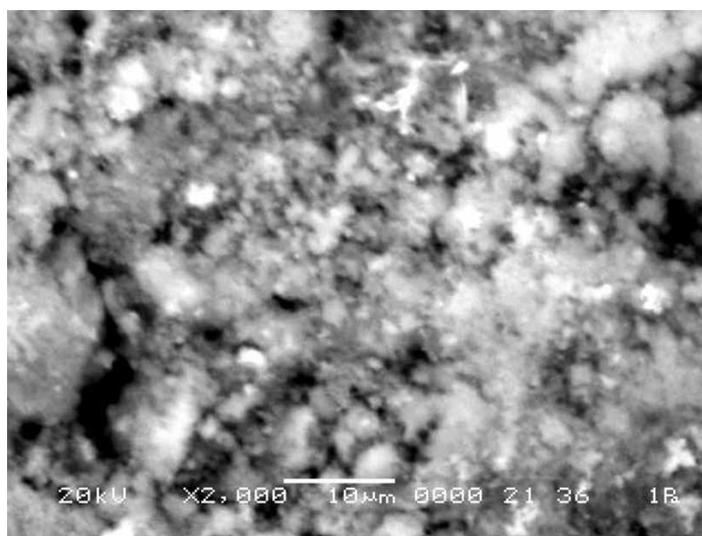
интенсификации процесса и стабилизации коллоидных наночастиц. Параметры процесса подбираются таким образом, чтобы получаемая суспензия была структурированной, а дисперсная фаза имела состав с преобладающим содержанием Fe (II).

ФФГ — это нечетко определенная композиция и структура, сформировавшаяся в процессах гидролиза ионов железа и полимеризации в водном растворе электролита рис 4. Эти процессы создают высокодисперсную твердую фазу из наночастиц в форме золя-геля. Такие системы имеют переизбыток энергии, что и приводит к повышенной реакционной способности и адсорбирующим свойствам.

Полученная коллоидная суспензия ФФГ отличается разнообразием механизмов действия<sup>2,3</sup>. Она обладает свойствами сорбента и коагулянта, восстановителя



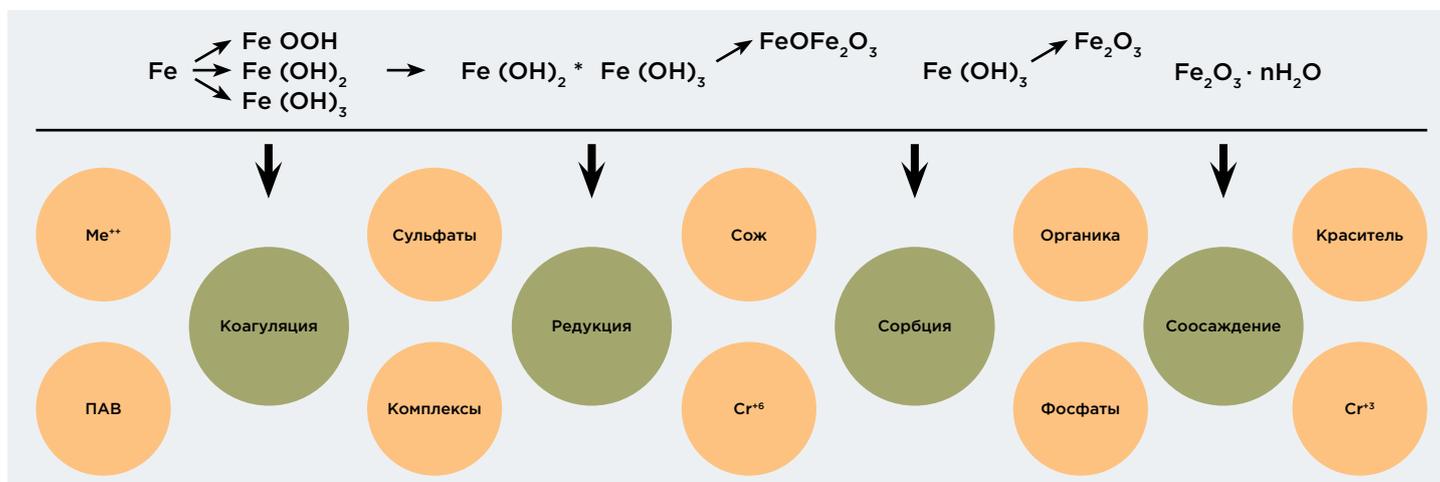
3 Пример образования комплексного соединения



4 Электронная микрофотография ФФГ, высушенного при 100 °C

2 Ю. Будилковский: Гальванотехника и обработка поверхности, 1994, т. 3, № 1, стр. 42-45.

3 Ю. Будилковский: Химическое и нефтегазовое машиностроение, 2006, № 2, стр. 31-34.



5  
Механизм действия ФФГ

и химического реагента. Основной механизм — гетерокоагуляция. Оксигидраты железа вступают в реакции с ионами, гидроксидами и мицеллами хрома, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца и других металлов. Глубина очистки возрастает в результате образования смешанных кристаллов и химических соединений и за счёт их весьма интенсивной сорбции. Окислительно-восстановительные потенциалы реагента в водных растворах позволяют восстанавливать как бихромат-ионы, так и хромат-ионы. Высокая эффективность гидратообразования ионов тяжёлых металлов обусловлена одновременным протеканием обменных и окислительно-восстановительных реакций. Эффективно и воздействие ФФГ на катионные и анионные красители, фосфаты. Переведённые в нерастворимую форму загрязнения выпадают в осадок, при этом захватываются и нерегенерируемые нефтепродукты, смазочно-охлаждающие жидкости, поверхностно-активные вещества, некоторые детергенты, органические добавки и др. рис 5.

Большая часть обезвреженной таким образом воды пригодна к повторному использованию в основном или вспомогательном производстве. Это обеспечивается как глубокой очисткой стоков от тяжёлых металлов, так и тем, что суспензия ФФГ — практически чистый реагент. В отличие от щелочных реагентов она вводит в обезвреживаемую воду очень мало анионов, поэтому дополнительного засоления стока не происходит.

О качестве очистки промстоков по технологии, осно-

Т 1  
Данные одного из экспериментов серии, исследование немецкой компании «Informationstechnik und Umweltdienstleistungen»

Металлы	Способ получения шлама	
	Нейтрализация щелочными реагентами, мг/л	С помощью ферроферригидрозоля, мг/л
Zn	<252,00	<0,01
Pb	<0,05	<0,05
Ni	2,50	<0,05
Cr	5,37	<0,01

ванной на применении композиции ФФГ, свидетельствуют данные исследования, проведённого немецкой компанией «Informationstechnik und Umweltdienstleistungen» (г. Кемпен). Определялись глубина очистки стоков и степень токсичности осадка, образующегося при обработке ферроферригидрозодем. При этом выполнялось сравнение с традиционной реагентной технологией, по которой очищали пробы из тех же стоков.

Тестирование осадков производилось в соответствии со стандартом DEV-S4, пробы сушили, затем в течение 24 часов встряхивали раствор при pH=4, после фильтрации элюата измеряли концентрацию в нем ионов тяжёлых металлов. В Т 1 приведены данные одного из экспериментов серии.

Как видим, сравнение двух технологий по выщелачиванию из осадка цинка, хрома и никеля явно не в пользу традиционного метода.

Что касается глубины очистки воды, здесь также зафиксирована значительная степень обезвреживания. Начальная и конечная концентрации фиксировались высокочувствительной аппаратурой — системой ISP-AES (атомный эмиссионный спектрометр с индуктивно удерживаемой плазмой). Обработка суспензией ФФГ дала результаты, представленные в Т 2.

Для традиционной реагентной технологии обезвреживание стоков производства печатных плат пред-

Т 2  
Результаты обработки суспензией ФФГ

Промышленный сток	Металл	Концентрация, мг/л	
		начальная	конечная
Гальваническое производство	Zn	23,4	0,005
	Cr	96,0	0,01
	Cu	46,0	0,01
Производство печатных плат	Pb	1,56	0,05
	Ni	1,05	0,05
	Fe	113,0	0,01

ставляет особые трудности. В этих стоках содержатся комплексы металлов, плохо поддающиеся химическому осаждению: пирофосфаты, тартраты, цитраты, аммонийные комплексы и др. Применение ФФГ позволяет справиться с этими проблемами.

Красноречивы данные биологического тестирования описываемой технологии в исследовательском центре министерства охраны окружающей среды Литвы. Была применена апробированная методика с использованием рачка дафнии (*Daphnia magna* Straus). Сравнивалось поведение тест-объекта в дехлорированной водопроводной воде и в пробах, взятых из промышленных стоков, очищенных суспензией ФФГ. В трёх сериях опыта получен устойчивый результат: поведение дафний в обеих средах аналогично. Таким образом, после обезвреживания стоков с помощью ФФГ образуется нетоксичная вода.

### Особенности шламов, полученных при очистке сточных вод

Осаждение загрязнений даёт шлам, обычно высокотоксичный и потому доставляющий предприятиям хлопот не меньше, чем обеспечение ПДК в воде. Таков, например, осадок реагентных станций. Его нельзя вывозить на обычные свалки, специальные же полигоны технически очень сложные и дорогостоящие и имеются далеко не во всех регионах. И, как показывают исследования, обеспечить абсолютно безопасное депонирование токсичных отходов в современных условиях невозможно: любые меры по предупреждению эмиссии вредных веществ в окружающую среду дают лишь временный эффект. Поэтому основное направление поисков в современной промышленной экологии — сокращение объёма производственных отходов, снижение уровня их токсичности и направленное кондиционирование, делающее возможной и выгодной их утилизацию<sup>4</sup>. Кондиционирование шлама, образующегося при обезвреживании производственного стока, в общем виде заключается в выпол-

нении определенных требований. Осадок должен быть:

- малотоксичным;
- пригодным к утилизации в таких производствах, окончательный продукт которых не позволяет остаткам токсичных веществ перейти в активную форму;
- максимально обезвоженным;
- пригодным к утилизации в таких производствах, где гидрофильная форма шлама не ведёт к дополнительному расходу энергии на выпаривание воды.

Таким образом, возможность использования отходов очистки является, с одной стороны, фактором экологической безопасности производства, а с другой — шагом вперёд в деле ресурсосбережения.

Технология, основанная на применении ФФГ, удовлетворяет этим требованиям. Она даёт осадок в виде структурно прочного феррита (шпинели), который по экстрагируемости устойчив даже в среде  $H_2SO_4$  с  $pH = 4,0$  (кислый дождь) и относится к шламам 4 класса токсичности (малоопасные отходы).

Химический состав осадков во многом определяется условиями процессов получения стоков после обработки металлов на машиностроительных, металлообрабатывающих, металлургических предприятиях. Внешне шламы представляют собой пастообразную массу черного, грязно-зеленого или коричневого цвета в зависимости от их состава, в частности, от содержания соединений железа (II) и (III), хрома, никеля и меди. Химический состав шламов, полученных в результате очистки сточных вод с помощью ФФГ на предприятиях Литвы и Беларуси, представлен в **Т 3**.

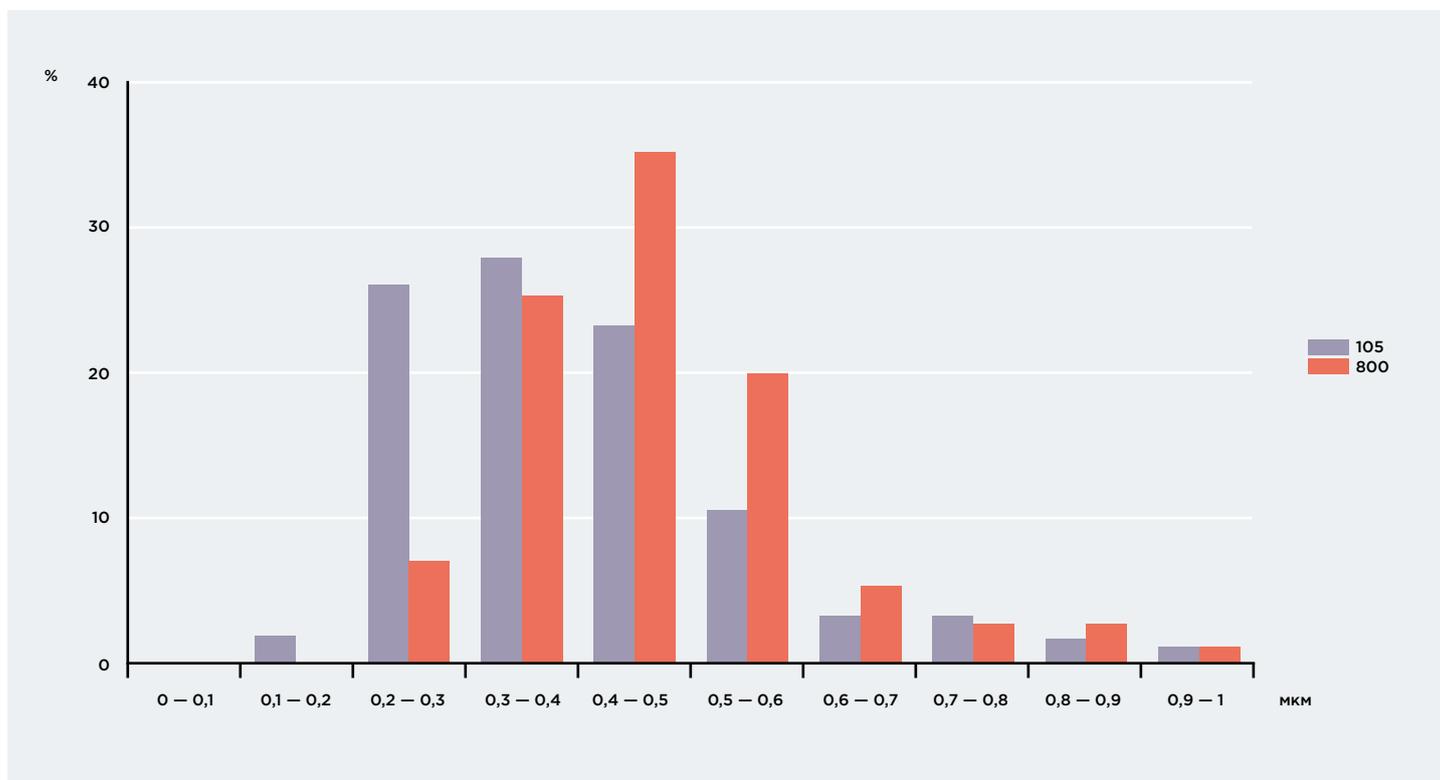
По химическому составу осадки, полученные при очистке сточных вод с помощью ФФГ, можно представить как смесь оксигидратов железа с адсорбированными на них соединениями металлов, присутствующих в сточной воде, магнетита  $Fe_3O_4$  и, возможно, ферритов с общей формулой  $MeFe_3 \cdot nO_4$ . Кроме того, могут присутствовать аморфные гетерополисоединения, имею-

**Т 3**

Химический состав железосодержащих шламов, высушенных при 105 °С

Предприятие	Содержание компонентов (мас. %)							
	$Fe_2O_3$	FeO	ZnO	$Cr_2O_3$	CuO	NiO	$H_2O$	Прочие
№ 1	51,2	7,8	8,0	3,4	4,2	3,8	14,6	7,2
№ 2	50,5	4,3	14,3	3,3	0,8	0,9	18,1	7,3
№ 3	59,4	5,5	11,8	2,4	2,3	2,4	10,2	5,1

<sup>4</sup> В.М. Макаров: Комплексная утилизация осадков сточных вод гальванических производств (гальваношламов). Автореферат докторской диссертации. Тезисы. Иваново, 2001 стр. 35.



6 Гистограмма частиц шлама, полученного на фабрике № 2 после высушивания при температуре 105 °C и термальной обработки при 800 °C

шие молекулярные звенья, включающие  $Fe(Me)(OH)-O-$ , а также гидроксоформы двух- и трехзарядных катионов. Согласно данным рентгенофазового анализа, шламы, образующиеся при очистке сточных вод с помощью ФФГ, не содержат хорошо окристаллизованных фаз.

Электронно-микроскопические исследования показали, что высушенный шлам представляет собой высокодисперсный материал с ярко выраженной склонностью к агломерации. Частицы шлама имеют неправильную, близкую к шарообразной, форму. Размер большинства из них составляет 0,2–0,8 мкм. Кроме того, исследуемые шламы содержат значительное количество более мелкой фракции. На рис. 6 представлены гистограммы распределения частиц по размерам высушенного при 105 °C до постоянной массы и термообработанного при 800 °C шлама (образец № 2, т. 3).

Исходя из химического состава шламов, содержащих соединения поливалентных металлов, являющихся хромофорами, а также их дисперсности, очевидно, что они могут быть использованы как вторичное сырье для получения ряда целевых продуктов, в частности, железосодержащих пигментов, модифицированных соединениями хрома, цинка, никеля, меди, флюсующей добавки

для производства керамических и строительных материалов<sup>5,6</sup>.

Одно из самых перспективных направлений утилизации шлама, обогащенного железом, — производство красителей. По уровню антикоррозионной защиты и устойчивости к ультрафиолетовому облучению пигменты из такого шлама превосходят обычно применяемый красный железо-окисный, который получают из железного купороса. Также его изготовление является экологически более чистым процессом. На Рижском лакокрасочном заводе пигменты, полученные из осадка, образующегося при очистке промстоков ферроферригидрозодем, были применены в производстве грунтовых красок и эмали.

В Вильнюсе на заводе «Пласта» прошли промышленные испытания технологии использования такого пигмента в производстве пластмасс, из которых изготавливаются товары хозяйственно-бытового назначения. Товары окрашиваются в цвет (различные оттенки коричневого), соответствующий требованиям рынка. Кроме того, из отходов пластмассового производства завод изготавливает черепицу. В качестве красителя раньше использовалась сажа. Замена сажи пигментом из шлама не только улучшила товарный

5 J. Budilovskis, The economist of Lithuania, (1990)2, p. 49.

6 J. Budilovskis, The economist of Lithuania, (1991)3, p. 61.

вид черепицы, но и сделала ее более прочной, повысила жаростойкость, снизив тем самым пожароопасность.

Разработаны и успешно прошли опытно-промышленные испытания технологии применения пигмента из шлама в производстве силикатного кирпича, резины и бумаги. Примером успешной реализации концепции минимизации экологического вреда с использованием отходов в качестве вторичного сырья может служить Палемонасский завод, Литва. Получаемый шлам применяется для производства керамзита, черепицы и прочих изделий. Аналогичных успехов добились на предприятии МТЗ (Минск, Беларусь), производящем тракторную технику под маркой «Белорус». Как оказалось, использование кондиционированных отходов положительно сказывается на качестве стройматериалов. Так, при добавлении в керамическую массу переработанного очистного шлама (от 2,5 до 5 % ее объема) снижается водопоглощение, увеличивается прочность и морозостойкость черепицы, при этом температура обжига на 40-70 градусов ниже.

В итоге шлам, полученный после обезвреживания стоков гальваники, сдается как технический продукт на соседнее предприятие для производства строительных материалов.

Многочисленные исследования токсичности шлама, представленные специалистами РФ, Литвы и Беларуси,

подтвердили, что шлам стоков гальваники, полученный в результате обработки их ФФГ, является малотоксичным и может быть захоронен в общих свалках или использован в производстве как сырье.

По заключению Министерства Здравоохранения Беларуси (5 июня 2006 года) проверка данного шлама на фитотоксичность при помощи *Tetrahymena pyriformis* и *Salmonella typhimurium* (тест Эймса), а также тестами на мышах (DL50 > 5000 мг/кг) показали, что суммарная токсичность очень мала и может быть отнесена к 4 классу токсичных материалов. Шлам не обладает мутагенной активностью и имеет очень незначительные кумулятивные характеристики (коэффициент до 5).

### Основные преимущества метода очистки сточных вод с использованием ФФГ:

- ФФГ обеспечивает более глубокую очистку стоков, чем традиционные реагенты.
- Биологический тест на экотоксичность воды показал, что вода, обработанная ФФГ, нетоксична.
- В отличие от обычных реагентов ФФГ не вызывает дополнительного засоления стоков, облегчая возврат воды в производство. рН очищенной воды около 8,5-9.
- ФФГ обеспечивает одновременное осаждение ионов разных металлов и избавляет от необхо-

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ ВАДОУ

Федеральное бюджетное учреждение  
"Центр лабораторного анализа и технических измерений  
на Центральный федеральный округ" (ФЦЭ) - ФЛЦИТ (по ГФФЧ)

Национальная лаборатория Пользовательского отхода

142000, Московская область, г. Балашиха,  
ул. Репинской 10, стр. 1, д. 60  
тел. факс: 8 (495) 709-40-40  
E-mail: roloba@flcit.ru

Аттестат аккредитации  
№ РОСС.ИЛ.0001.22.246.28  
Выдан 22 октября 2011 г.  
Действителен до 14 февраля 2014 г.  
от 25 декабря 2012 г.

**ПРОТОКОЛ № 183**  
наличествующего элементного состава (КХА)  
отхода производства и потребления

1. Предприятие, организация: ООО «Славко-Серио-Технологиз
2. Адрес: г.Витебск, г. Могилы, ул. Мухомова, д.1, стр. 2
3. Наименование отхода: Общественный туалет, туалетная вода (запах)
4. Масса отбора пробы: 100г/л (для отбора массы)
5. Регистрационный номер пробы: 01/11
6. Условия отбора пробы: Темп. = -17,5 С
7. Характер пробы (свойства, обозначения): Общественный
8. Предоставлена информация: Пробы отобраны с соблюдением технологии
9. Предоставлена информация: См. условия отбора Д.М.
10. Дата и время отбора пробы: 02 декабря 2012 г.
11. Дата и время поступления в ИЛ: 02 декабря 2012 г.

№ п/п	Наименование компонента	Содержание, %	ДУК, аттест.	ИДП на МЭИ
1.	Вода	76,4		ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.08
2.	рт	0,4		ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.02
3.	Кремний (оксид)	1,40		М-50981-40-2008
4.	Кальций	1,20		М-50981-40-2008
5.	Магний	0,40		М-50981-40-2008
6.	Алюминий	0,138		М-50981-40-2008
7.	Железо	0,10		М-50981-40-2008
8.	Натрий	0,42		ЦА-48842-40-2008
9.	Свинец	0,21		ФФ 1.31.2007.04108
10.	Хром	0,012		ФФ 1.31.2007.04108
11.	Марганец	0,015		ФФ 1.31.2007.04108
12.	Цинк	0,238		ФФ 1.31.2007.04108
13.	Никель	0,212		ФФ 1.31.2007.04108
14.	Селен	0,0018		ФФ 1.31.2007.04108
15.	Мыш	0,002		ФФ 1.31.2007.04108

Протокол с приложением  
№ \_\_\_\_\_

16. Углерод	0,000	ФФ 1.31.2007.04108
17. Хлориды	0,140	ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.02
18. Натрий	0,00	ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.02
19. Фториды	0,00	ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.08
20. Сульфиды	0,000	ИДП № 143.2.2.2.3.3.34.08

Отвеченный по протоколу КХА: научный сотрудник Соловьев М.В.

Выполнен по результатам КХА: научный сотрудник, обязательный экземпляр (заполнить) -  
используемый по методу с применением технологии ФФГ (флуоридофторирование), отнесенный к IV-му классу опасности.

Исполнитель отчета: \_\_\_\_\_ И.В.Соловьев  
Заведующий лабораторией: \_\_\_\_\_ И.В.Соловьев

Примечание: 1. Протокол КХА по результатам ФФГ, подтверждающий аккредитацию  
1.02 по методу с применением технологии ФФГ, отнесенный к IV-му классу опасности.

31 032210

димости разделения стоков на хромсодержащие и кислотнo-щелочные, что сокращает число единиц оборудования и упрощает его эксплуатацию.

- ФФГ не является химически агрессивным веществом.
- Условия гигиены для обслуживающего персонала на водоочистной станции значительно лучше.
- Присутствие различных лигандов (пирофосфаты, ЕДТА, аммоний и др.) в стоках не препятствует удалению ионов тяжелых металлов до требуемых норм.
- Аппаратурное оформление технологии позволяет полностью осуществлять традиционный реагентный способ, который в подавляющем большинстве случаев применяется в развитых странах как с применением ФФГ, так и с обычными реагентами (щелочь, сода, бисульфит натрия и пр.).
- Получаемый осадок после обработки стоков ФФГ малотоксичен и пригоден к вывозу на обычные свалки. Этот же осадок может служить исходным сырьем для производства стройматериалов, пигментов и глазурей.

Таким образом, обезвреживание гальваностоков с помощью ФФГ намного эффективнее и экологически надежнее, чем реагентный метод, использующий железный купорос, или метод электрокоагуляции.

Технология очистки сточных вод с применением ФФГ прошла полный комплекс Государственных испытаний в Литве, лабораторные и производственные испытания в сертификационных лабораториях различных стран, а также проверена комитетами охраны природы Испании, Швеции, Польши, Чехии и ряда других стран. Результаты комплексных испытаний токсичности шлама в Белоруссии и России по жестким стандартам (жестче европейских) позволили присвоить отходам очистки IV класс опасности рис 7. В настоящее время методом

ФФГ обезвреживают свои стоки более 200 предприятий в России, странах СНГ и Европы.

Появление такого продукта, как электрогенерированный коагулянт ферроферригидрозоля из наночастиц, позволяет улучшить технологию очистки сточных вод и достичь более высокого качества очищаемой воды, пригодной для повторного использования, а также использовать нетоксичные шламы для производства технически полезных материалов.

С наибольшей эффективностью ФФГ может применяться для обезвреживания стоков следующих производств:

- обработка поверхности металлов: гальваническое покрытие, изготовление печатных плат, травление металлов и т. п.;
- красильные процессы при изготовлении хлопковых и шерстяных тканей, синтетических материалов;
- меховое и кожевенное производство, особенно очистка их стоков от красителей, соединений хрома и поверхностно-активных веществ;
- некоторые виды химических производств, в выбросах которых содержатся соли металлов, фосфаты и т. д.

Также эта технология успешно применялась на станциях биологической очистки стоков и в процессах водоподготовки как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. Возможно применение композиции ФФГ для очистки коммунальных стоков или для приготовления питьевой воды<sup>7,8,9</sup>. Десятки очистных станций работают по этой технологии в разных странах: от Испании до Белоруссии.

Для перехода к обезвреживанию отработанных производственных вод суспензией ферроферригидрозоля не обязательно строить новые очистные сооружения. На традиционных реагентных станциях их оборудование можно адаптировать к новой технологии. ▣

7 J. Budilovskis, Medio ambiente; (1993)5, pp. 54-56 .

8 Д.Будиловскис, Л.С.Ещенко. Исследование процесса и продуктов термообработки шламов, полученных при очистке сточных вод с помощью ферроферригидрозоля // Журнал прикладной химии. - 2004. Т.77. Вып.9;

9 Д.Будиловскис, П.Балтренас, Д.Щупакас, Л.С.Ещенко. Составы и свойства осадков, полученных при очистке сточных вод ферроферригидрозоля // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2004, № 11.

# Обеспечение вакуума

при корпусировании на уровне пластины.

## Геттеры



Текст: Александр Скупов



Большая номенклатура МЭМС, МОЭМС и других приборов для своей работы требует вакуума. Использование для их герметизации дискретных корпусов довольно дорогое и сложное решение, поэтому перспективным является применение корпусирования на уровне пластины. В данной статье приведен краткий обзор методов, с помощью которых возможно реализовать эту технологию, рассматривается вопрос сохранения требуемого уровня вакуума в течение длительного времени, что достигается оптимальным выбором материалов и внедрением геттеров в герметичный объём. Также в ней описаны основные технологические аспекты применения геттеров, их свойства и характеристики.



1 Иллюстрация идеи корпусирования на уровне пластины

Существует довольно обширный класс МЭМС, МОЭМС и устройств вакуумной микроэлектроники, которым для работы требуется пониженное давление — вакуум. Прежде всего, к таким устройствам относятся гироскопы, акселерометры, датчики абсолютного давления, матрицы микроболометров и приборы, принцип действия которых основан на движении свободных электронов в электрическом поле. Перечисленные изделия имеют широчайшую перспективную область применения: системы инерциальной навигации в автомобилях и летательных аппаратах, системы ночного видения, контроля потерь тепла на энергетических объектах и многое другое. При этом ключевым требованием к данным изделиям является минимальный размер и низкая стоимость при высокой долговечности и надёжности.

В настоящее время для создания вакуума для МЭМС и микроболометров часто используют специальные корпуса. Однако это существенно увеличивает стоимость устройств, а также удлиняет производственный цикл. Поэтому привлекательной идеей является применение так называемого корпусирования на уровне пластины (WLP — wafer level packaging). Этот метод основан на сварке пластин (wafer bonding), когда пластина со сформированными функциональными структурами совмещается и затем неразрывно соединяется с пластиной-крышкой. Данный процесс позволяет существенно упростить и удешевить технологию, поскольку корпусируются одновременно несколько устройств, расположенных на одной пластине **рис 1**.

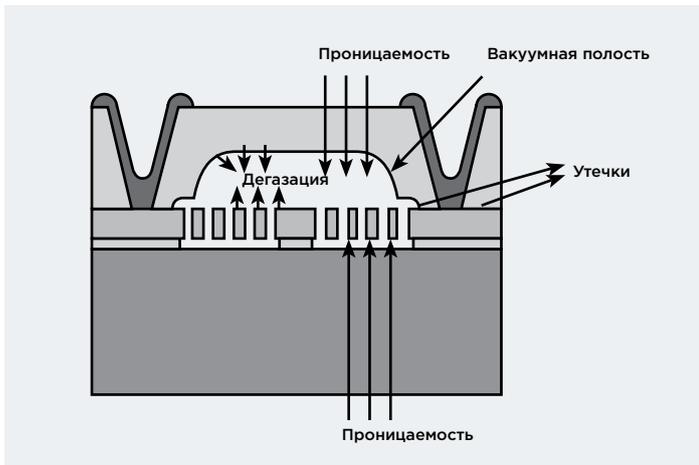
Сварка пластин может осуществляться как непосредственно (кремний-кремний, стекло-кремний), так и при помощи различных промежуточных слоёв: металлов

и сплавов, полимеров, стеклокерамических припоев. Задача обеспечения и поддержания определённого уровня вакуума при корпусировании на уровне пластины весьма сложная, поскольку ни одно соединение не является абсолютно герметичным, и приходится бороться с утечками и дегазацией. Особенно сильно данные проблемы проявляются, когда объём герметизируемого пространства очень мал, т.е. именно в случае корпусирования на уровне пластины. Часто для реализации такой технологии требуется использование геттеров, стеклокерамических припоев (например, Namics, Ferro), специальных сплавов и прочего. Успешное решение задачи по поддержанию требуемого уровня вакуума в течение всего периода эксплуатации устройства зависит от выбора материалов и методов сварки пластин, уровня вакуума, требований надёжности и долговечности.

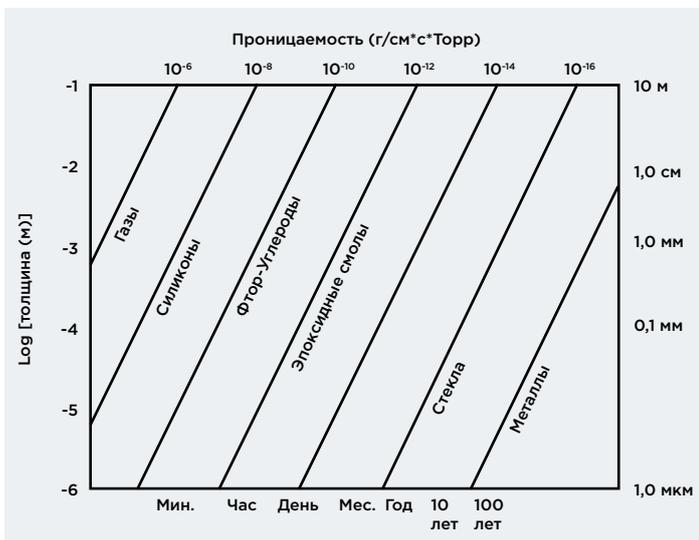
### Причины деградации вакуума внутри герметичного объёма МЭМС и устройств микроэлектроники

После прекращения откачки внешним насосом давление внутри любой герметичной полости неизбежно изменится. Если внутри полости нет материалов, поглощающих газы (геттеров), то давление может изменяться исключительно в большую сторону. Это происходит по трём причинам **рис 2**:

- проницаемость материала для газа;
- утечки по соединению;
- дегазация.



2 Иллюстрация причин деградации вакуума в МЭМС<sup>1</sup>



3 Проницаемость различных материалов для паров воды<sup>2</sup>

Т 1 Методы сварки пластин, пригодные для вакуумного корпусирования на уровне пластины по данным<sup>3</sup>

Приборная пластина	Пластина-крышка	Метод сварки	Возможность достижения высокого вакуума	Совместимость с КМОП
Кремний	Стекло	Через полимер	Нет	Да
Стекло	Кремний	Эвтектическая	Возможно	Нет
Стекло	Кремний	Анодная	Да	Нет
Кремний	Кремний/стекло	Через стеклокерамический припой (glass frit)	Да	Возможно

Т 2 Уровни вакуума, требуемые для работы различных устройств<sup>4</sup>

Прибор	Требуемое давление (Па)	Уровень вакуума
МЭМС-акселерометр	$10^2$ - $10^4$	Низкий и средний
Датчик давления	$10^{-2}$ - $10^5$	От низкого до высокого
МЭМС-гироскоп	$10$ - $10^{-2}$	Средний и высокий
МЭМС-радиочастотный переключатель	$10$ - $10^{-2}$	Средний и высокий
Микроболометр	$<10^{-2}$	Высокий
Туннельные приборы	$<10^{-1}$	Высокий

Наилучшим образом проницаемости препятствуют металлы и сплавы рис 3. Стёкла также обладают приемлемой проницаемостью. Однако полимеры не способны противостоять проникновению через их толщину газов, что связано со структурой этих веществ. Поэтому в качестве наилучшего решения для вакуумного корпусирования рассматривают сварку через эвтектические сплавы (например, AuSn, AuSi), интерметаллические соединения (CuSn) и легкоплавкие металлы (например, In). Также вакуум-плотных соединений можно добиться при сварке пластин через специальную стеклянную пасту (коммерчески доступны от Ferro и Namics). При анодной сварке пластин и низкотемпературной непосредственной сварке также можно создавать герметичные соединения. В Т 1 перечислены методы сварки пластин и уровни вакуума, которых можно достигнуть с их помощью.

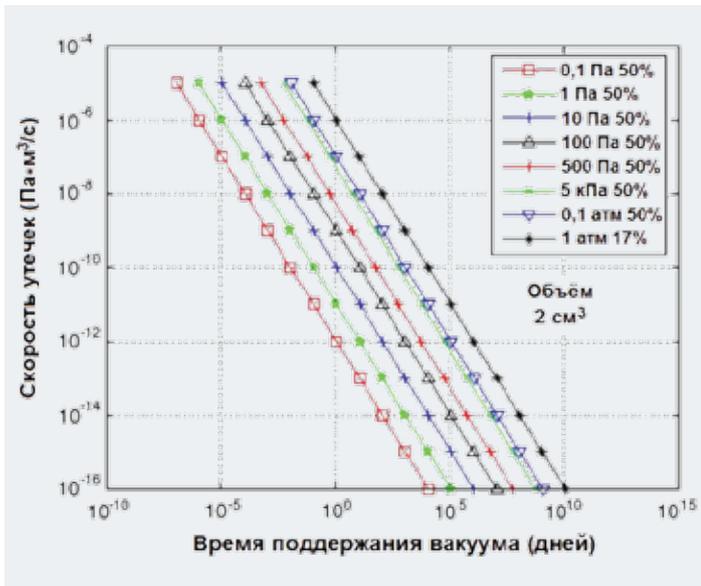
Утечки по границам материалов и дегазация являются главными факторами, вызывающими повышение давления внутри герметичного объёма. Их влияние проявляется тем сильнее, чем ниже степень вакуума, необходимая для работы устройства Т 2. Эти факторы не критичны, например, для МЭМС-акселерометров, датчиков давления и микроключей (MEMS RF switches), которые обычно работают при низком ( $>10^3$  Па) и среднем уровнях вакуума ( $10^3$  —  $10^{-1}$  Па). В этом случае изменение давления из-за дегазации может быть незначительным даже после многих лет эксплуатации. Совершенно иная картина наблюдается для устройств, требующих в своей работе высокого вакуума (ниже  $10^{-1}$  Па). К таковым относятся некоторые МЭМС-гироскопы, резонаторы, микроболометры и приборы вакуумной микроэлектроники. Высокий вакуум очень быстро нарушается после прекращения откачки рис 4, поэтому для его сохранения требуется интегрирование внутрь герметичной полости газопоглотителя (геттера).

1 G. Wu et al, Wafer level vacuum packaged resonator with in-situ Au-Al eutectic re-distribution layer, Journal of microelectromechanical systems, 2012

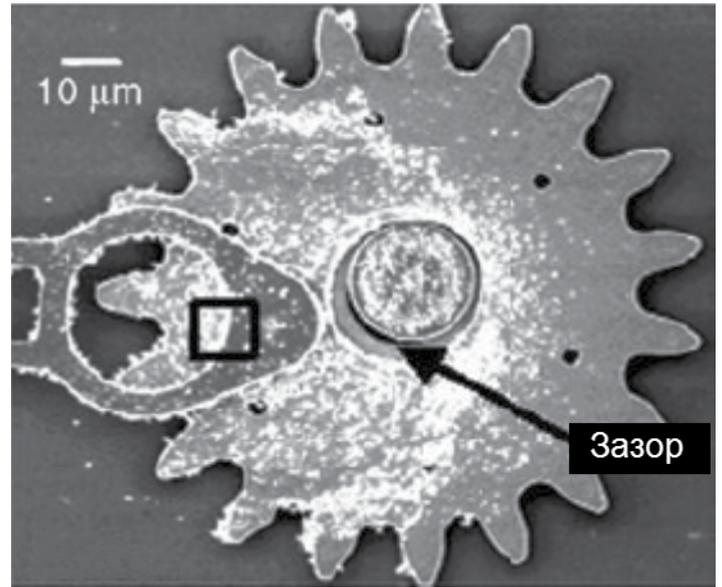
2 F. Niklaus et al, Adhesive wafer bonding, Journal of applied physics 99, 2006

3 D. Lemoine, Vacuum packaging at the wafer level for the monolithic integration of MEMS and CMOS, McGill University, 2009

4 Handbook of Silicon Based MEMS Materials and Technologies / Edited by V. Lindroos [and coauthors]. Burlington: Elsevier Inc., 2010, 636 p.



4 Изменение внутрикорпусного давления в % от начального в зависимости от скорости утечек и времени<sup>5</sup>



5 Износ оси вращения микрошестерни вследствие эксплуатации при повышенной влажности окружающего воздуха<sup>7</sup>

## Геттеры

Есть два вида геттеров: распыляемые и нераспыляемые (NEG — non evaporable getter)<sup>6</sup>. В первом случае вещество нагревается в вакууме, в результате чего происходит испарение и переосаждение какого-либо компонента, который затем поглощает газ. Поскольку при таком технологическом решении неизбежно изменится масса чувствительных элементов МЭМС, оптические свойства МОЭМС и эмиссионные характеристики изделий вакуумной микроэлектроники, такой тип геттеров неприемлем для корпусирования всех перечисленных изделий на уровне пластины. Для этих целей применяются нераспыляемые геттеры. Такой тип материала поглощает газ сразу, но требует активации температурой при пониженном давлении.

Существуют два наиболее важных параметра, характеризующих эффективность любого геттера:

- сорбционная ёмкость — количество газа, которое может быть им поглощено за единицу времени;
- избирательность — те газы, по отношению к которым геттер проявляет активность.

При известных скоростях утечек по соединению, а также величине дегазации нужно выбирать такой тип геттера, сорбционная ёмкость которого обеспечит требуемый уровень давления внутри изделия на протяжении всего периода эксплуатации.

Очень важно знать состав остаточной атмосферы внутри герметичного объёма МЭМС, МОЭМС и прочих

устройств микроэлектроники. Это позволяет понять, против каких газов необходимо применять геттеры, и насколько эффективно будет их использование.

Довольно часто значительную часть остаточной атмосферы составляют пары воды, кислород и азот, но их концентрация не соответствует таковой в нормальной атмосфере. Перечисленные газы не только увеличивают

Т 3 Состав остаточной атмосферы в герметичном объёме по данным<sup>8</sup>

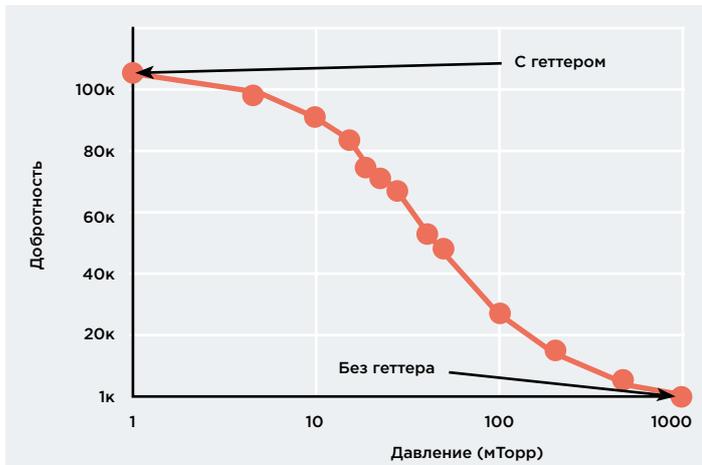
Газ	Парциальное давление, Па	%
H <sub>2</sub>	5,37·10 <sup>1</sup>	73,08
He	0,00	0,00
CO	1,36	1,85
N <sub>2</sub>	9,96·10 <sup>-1</sup>	1,36
CH <sub>4</sub>	1,51·10 <sup>1</sup>	20,55
H <sub>2</sub> O	0,00	0,00
O <sub>2</sub>	0,00	0,00
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,23	1,67
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4,43·10 <sup>-1</sup>	0,60
Ar	7,87·10 <sup>-2</sup>	0,11
CO <sub>2</sub>	5,72·10 <sup>-1</sup>	0,78
Kr	0,00	0,00
Общ.	7,35·10 <sup>1</sup>	100

5 Z. Gan et al, Getter free vacuum packaging for MEMS, Sensors and Actuators A 149, 2009, pp. 159-164

6 R. Ramesham «Evaluation of Non-Evaporable Getters for High Vacuum Hermetic Packages», California Institute of Technology

7 K. Gilleo, MEMS/MOEMS Packaging. New York: McGraw-Hill, 2005, 220 p

8 V. Chidambaram, X. Ling, C. Bangtao « Titanium-Based Getter Solution for Wafer-Level MEMS Vacuum Packaging», Journal of Electronic Materials, No. 8, 2012



6 Зависимость добротности микрорезонатора от уровня окружающего давления<sup>9</sup>

давление в герметичном объёме, но также могут вызывать негативные последствия для функциональности устройств. Для примера в **Т 3** представлен состав остаточной атмосферы при вакуумной анодной сварке пластин стекла и кремния. Основным компонентом атмосферы в данном случае является водород. На **рис 5** показан износ подвижного узла с микрошестернёй, вызванный избыточной концентрацией паров воды в корпусе. Данный пример показывает, что геттеры могут понадобиться не только для вакуумного корпусирования, но и для строгого контроля состава газовой среды внутри герметичного объёма.

На **рис 6** показано влияние уровня вакуума на добротность МЭМС-гироскопа. Из графика очевидно, что увеличение давления вызывает существенное снижение добротности, т.е. КПД колебательной системы. Без геттера время жизни любого вакуумного устройства можно вычислить по формуле:

$$t = \frac{P_{\max} V}{P_{\text{atm}} v}, \text{ где:}$$

$P_{\max}$  — максимальное давление внутри полости,  
 $V$  — объём полости,  
 $P_{\text{atm}}$  — атмосферное давление,  
 $v$  — скорость утечек.

Типичный объём МЭМС, корпусированных на уровне пластины, составляет порядка  $10^{-3} \text{ см}^3$ , скорость утечек в лучшем случае — около  $10^{-14} \text{ см}^3/\text{с}$ . Таким образом, если гироскоп имеет максимальное внутрикорпусное

давление 1 Па, оно продержится менее месяца<sup>10</sup>. Очевидно, что в этом случае данное устройство нельзя применять в системе курсовой устойчивости автомобиля, где оно должно исправно работать несколько лет. Конечно, вышеупомянутая скорость не учитывает дегазацию, что ещё больше снижает время эксплуатации. Геттер же позволяет в значительной степени компенсировать как утечки, так и дегазацию.

Механизм действия геттера заключается в адсорбции газов поверхностью и последующим химическим связыванием **рис 7**. Нераспыляемые геттеры формируются из металлических сплавов на основе Zr, Ti, V, Fe, Co. Наиболее часто используют соединения на основе Zr (например, продукты фирмы SAES Getters), поскольку прочие металлы вызывают некоторые избыточные сложности с формированием стойких поверхностных оксидов. Перечисленные металлы взаимодействуют с кислородом, водой и углекислым газом, образуя твёрдые соединения. Водород может быть поглощён внутри объёма металла с образованием гидридов.

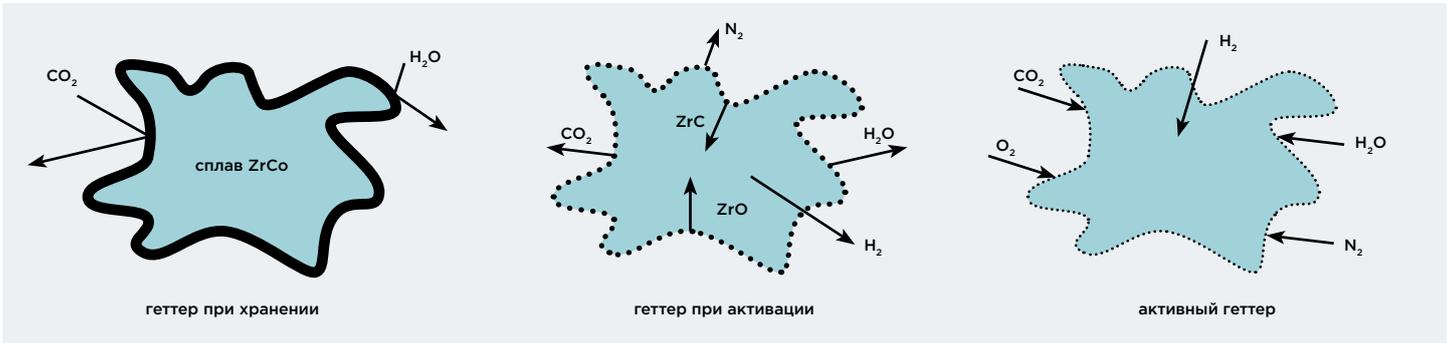
После контакта с атмосферой поверхность сформированной плёнки геттера загрязняется продуктами реакции металлов с различными газами. Поэтому для начала поглощения газов геттер необходимо подвергнуть специальной обработке, т.е. провести активацию. Общепринятым методом активации геттера является его нагрев при пониженном давлении. Данная процедура приводит к миграции кислорода в объём металла и десорбции молекул с поверхности. Температура активации геттеров обычно находится в диапазоне 300-450 °С. Указанные температуры полностью совместимы с большинством видов сварки пластин, а также с полупроводниковыми компонентами устройств. Как видно из **рис 8**, полнота активации геттера зависит не только от температуры, но и от времени. Для практического применения геттер достаточно активировать на 85-90 % для сокращения времени процесса сварки пластин.

Для высокой эффективности геттер формируют с максимально большой площадью поверхности **рис 9**.

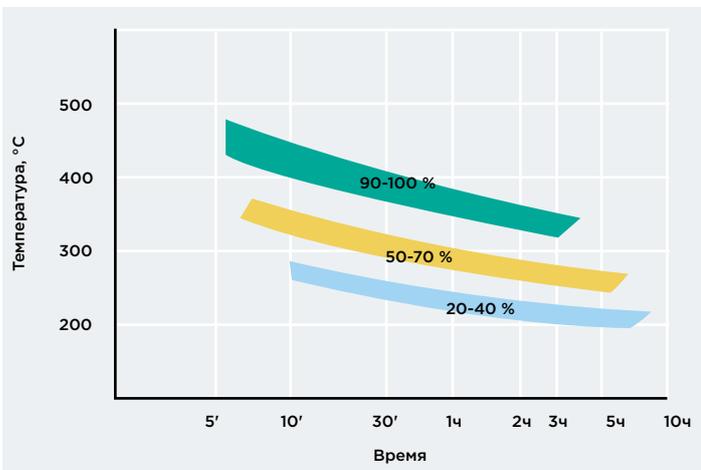
Коммерчески доступны геттеры, поставляемые в виде преформ определённого размера, которые помещаются в специально сформированную выемку в корпусе. Данные продукты имеет смысл использовать на стадии разработок. Для серийного производства существуют сервисы, позволяющие сформировать плёнку геттера на пластине заказчика согласно его требованиям и топологии (PageWafer on SAES Getters — **рис 10**).

9 M.M. Torunbalci et al, A method of fabricating vacuum packages with vertical feedtroughs in a wafer level anodic bonding process, EUROSENSORS 2014, the XXVIII edition of the conference series, pp. 887-890

10 T. F. Marinis et al, Wafer Level Vacuum Packaging of MEMS Sensors, IEEE 2005 Electronic Components and Technology Conference

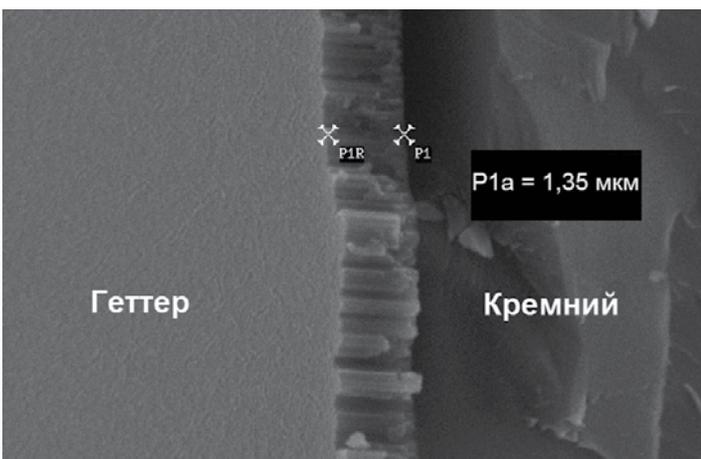


7 Иллюстрация активации геттера<sup>11</sup>



8 Эффективность активации геттера при различных температурах<sup>12</sup>

Таким образом, геттеры позволяют решить проблему сохранения стабильного давления внутри герметично корпусированных МЭМС, МОЭМС и прочих устройств микроэлектроники. Этот результат достигается за счёт надёжного химического связывания молекул газов, составляющих основную часть остаточной атмосферы. Кроме того, в ряде применений геттеры могут быть полезны с точки зрения удаления определённых компонентов атмосферы.



9 Микрофотография плёнки геттера, сформированного на Si пластине<sup>13</sup>



10 Кремниевая пластина фирмы SAES Getters со сформированным рисунком тонкоплёночного геттера для корпусирования на уровне пластины<sup>14</sup>

11 W. Reinert, MEMS packaging, Advanced Solder Materials for High Temperature Application (HISOLD) Working Group Meeting, Vienna, 2008  
 12. D. Muhs and P. Barnes, Controlling vacuum levels in discrete MEMS packages, SST International  
 13. M. Moraja et al, New getter configuration at wafer level for assuring long term stability of MEMS, Proceedings of SPIE Vol. 4980, pp. 260-265  
 14. <http://saesgetters.com>

---

Вакуумное корпусирование открывает широкие перспективы в создании таких устройств как МЭМС-гироскопы, акселерометры, датчики абсолютного давления, микроболометрические сенсоры и многие другие устройства.

Материалы для герметичного соединения пластин выбираются, исходя из требуемых уровней вакуума внутри устройства, требований к надёжности и условиям эксплуатации. Металлы позволяют создать наиболее герметичные соединения, позволяющие поддерживать внутри МЭМС, МОЭМС и прочих полупроводниковых устройств практически любой, достижимый в стационарных условиях, уровень вакуума. Стёкла также могут быть использованы в качестве материалов при сварке пластин для вакуум-плотной герметизации различных изделий на уровне пластины. К сожалению, полимеры в принципе не подходят для решения данной задачи.

Применение геттеров является единственным способом достижения внутри устройств высокого и среднего вакуума. Только нераспыляемые геттеры могут быть использованы при корпусировании МЭМС, МОЭМС и прочих полупроводниковых устройств на уровне пластины. Часто геттеры необходимы для контроля состава атмосферы, внутри устройств без жёстких требований к уровню внутреннего давления.

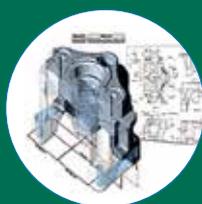
Сорбционные свойства геттера зависят от его состава и морфологии поверхности. В общем случае задача создания высокоёмких эффективных геттеров представляет существенную сложность и требует больших затрат на высококласное технологическое и измерительное оборудование, а также времени. Поэтому при разработке новых устройств, начале их серийного производства, выполнения перспективных ОКР целесообразным является использование коммерчески доступных геттеров. Материалы могут быть поставлены как в форме преформ, так и уже интегрированными на пластину для использования при сварке.

Группа компаний Остек поставляет оборудование и материалы для вакуумного корпусирования на уровне пластины для создания МЭМС, МОЭМС и других изделий микроэлектроники. Специалисты компании готовы оказать поддержку при выборе материалов — пластин, сплавов, высокочистых металлов, стеклокерамических припоев и геттеров, а также при отработке разнообразных технологий, необходимых для реализации вакуумного корпусирования на уровне пластины. 



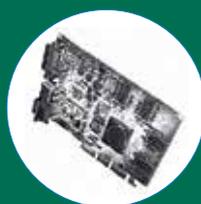
#### Литье

- Отработка технологии литья
- Поиск и анализ пустот, раковин и включений



#### Механообработка

- Контроль качества геометрии ответственных деталей сложной формы
- Обратное проектирование



#### Электроника

- Контроль печатных плат, компонентов и качества пайки
- Исследование совмещения слоев, дефектов металлизации



#### Материаловедение

- Исследования внутренней структуры материалов
- Расчет физических свойств материалов



#### Исследования

- Полезные ископаемые и геологические образцы
- Принципы работы механизмов
- Криминалистика

## Лаборатория промышленной томографии: экспертный контроль качества и проведение исследований

Узнайте о специальных  
ценах, действующих  
до конца июля 2016 года!

- Самая крупная в Восточной Европе
- Оснащенная передовым оборудованием

Лаборатория создана на базе Центра технологий контроля (ЦТК), предназначенного для решения широкого спектра производственных и научных задач.



будущее  
создается



www.ostec-ct.ru  
(495) 788 44 41  
info@ostec-ct.ru



## КАЧЕСТВО

# Итоги конференции «Новейшие технологии контроля»



Текст: **Василий Афанасьев**

”

Что может объединить под одной крышей научных работников и промышленников, металлургов и нефтяников, электронщиков и геологов, теоретиков и практиков? Разумеется, наличие общих интересов или вопросов такой степени насущности, которые могут побудить специалистов из различных областей деятельности отложить на пару дней важные дела у себя в организации и посвятить время их обсуждению с коллегами из других отраслей. Одним из ключевых и актуальных для всех вопросов является обеспечение качества на производстве, значительный интерес вызывает развитие технологий контроля в мире и возможности их применения.

Уже четвертый год подряд площадкой для обсуждения этих тем становится конференция, которую проводит Направление технологий контроля Остек-СМТ, прошедшая в этом году 6 и 7 апреля в Москве и Владимире. В этот раз она носила название «Новейшие технологии контроля НТК-2016» и прошла с небывалым размахом.



1 Открытие конференции: доклад Н. А. Федорова об изменениях за прошедший год

За минувшее с прошлой конференции время в Остек-СМТ произошел ряд позитивных изменений, связанных, прежде всего, с расширением спектра предлагаемых решений. Подписано эксклюзивное соглашение с компанией Vici Vision – производителем незаменимых в металлообрабатывающих производствах систем контроля геометрии тел вращения (валов). Активно развивается тематика 3D-сканирования и портативных КИМ. Будучи в новинку для направления технологий контроля еще год назад, темы превратились в профессиональную деятельность, находящую широкий отклик и имеющую перспективу применения в промышленности как для проведения контроля и исследований, так и для обратного проектирования изделий, в том числе со сложной геометрией. Наконец, впервые в России, для открытого доступа к выполнению работ были введены в эксплуатацию сразу две системы компьютерной томографии v|tome|x m300 и c450 производства General Electric. Это оборудование, в дополнение к минифокусной рентгеновской установке с функцией томографии x|cube XL 225, превратило Центр технологий контроля

(ЦТК) в действительно не имеющую аналогов в стране демоплощадку. Уникальная совокупность трех современных систем рентгеновского контроля и томографии, двух систем контроля геометрии тел вращения, 3D-сканера, портативных КИМ и твердомеров открыла колоссальные возможности для проведения промышленных и научных исследований, а объем выполняемых в центре работ растет с каждым месяцем.

Развитие новых направлений деятельности уже не позволило конференции оставаться в рамках технологии компьютерной томографии, ввиду чего было принято решение о смене названия. «Конференция по компьютерной томографии» трансформировалась в «Новейшие технологии контроля».

Обо всем этом, а также о новинках и перспективных разработках партнеров General Electric и Volume Graphics, 6 апреля в бизнес-центре «ИнфоПространство» рассказал руководитель направления технологий контроля Н.А. Федоров, по традиции открывший мероприятие, и подхватившие за ним эстафету сотрудники НТК рис 1.



2 Сотрудникам других направлений Остек-СМТ пришлось подключиться к регистрации гостей

Но прежде чем состоялось открытие, пришлось решить ряд возникших организационных вопросов.

Деятельность Направления технологий контроля не остается незамеченной. Конференция уже получила достаточный резонанс, о ней говорят в профессиональных кругах, и она уже не нуждается в рекламе. Расширение портфолио решений и укрепление влияния в металлообработке, регулярное участие в выставках, высокая квалификация, демонстрационная площадка с уникальными возможностями и нестандартный подход к решению задач молодыми специалистами – все вместе сыграло на руку мероприятию, но вместе с тем привнесло некоторые сложности, которые, впрочем, относятся к разряду приятных.

Даже самые оптимистичные прогнозы не предсказывали в текущем году такого ажиотажа вокруг конференции и активности регистрирующихся гостей. За три

дня до начала конференции организаторы были вынуждены прекратить регистрацию в связи с рекордным количеством участников и физической невозможностью вместить всех желающих.

На плечи специалистов Направления технологий контроля легла серьезная нагрузка, поскольку мероприятие, посвященное качеству, априори должно быть организовано безупречно! Для поддержания требуемого уровня пришлось подключать дополнительные ресурсы и искать резервы рис 2. На ходу приходилось менять договоренности с принимающим бизнес-центром, корректировать задачи каждого сотрудника, вносить изменения в планы по трансферу и размещению гостей во второй день и в целом делать максимум возможного, чтобы ни один человек не чувствовал себя обделенным вниманием.

В результате все прошло практически безупречно. Все гости отметили высокий уровень организации конференции и профессионализм экспертов, каждому участнику был уделен максимум времени на обсуждение волновавших его тем.

В продолжившейся после выступления Н. А. Федорова и сотрудников НТК пленарной части гостям была предоставлена редкая возможность прослушать доклады о применении различных методов контроля в других областях науки и на производствах непосредственно от практикующих специалистов. Темы докладов говорят сами за себя:

- Современные методы контроля объемной структуры материалов рис 3.
- Применение КТ для решения задач нефтегазовой отрасли.
- Цифровая радиография сегодня. Практика внедрения.



3 Доклад Е. С. Прусова (ВлГУ) на пленарной части

Подобное практиковалось и на прошлых конференциях и неизменно получало положительные отзывы от гостей. Каждому специалисту всегда интересно узнать, как и где хорошо знакомая ему технология может использоваться еще, и открывать для себя новые возможности.

В некотором роде «вишенкой на торте», если можно применить данную метафору к не слишком веселой, но весьма любопытной теме, стал закрывающий пленарную часть доклад об использовании компьютерной томографии в расследовании причин авиакатастроф.

После этого, по уже установившейся традиции, произошло разделение на секции по специализациям участников. По той же традиции секций было три: материаловедение и металлообработка, нефть и газ, электроника и микроэлектроника. Показательный момент – уже второй год подряд секция, посвященная металлообработке, бьет по количеству участников «родную» для Остек-СМТ секцию электроники.

## Темы докладов и обсуждений на секциях:

### СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛООБРАБОТКА»

- Индустриальные КТ решения для НК и метрологии.
- Контроль геометрии и анализ свойств материалов.
- Аддитивные технологии производства и методы их контроля.
- Применение КТ в рамках современного инженерного центра.
- Применение рентгеновской томографии при исследовании конструкционных материалов и отработки технологий в авиационной промышленности.
- Исследование влияния напряженно-деформированного состояния на количество и форму усадочных дефектов в отливке.
- Индустриальные рентгенсистемы для 2Д и КТ НК на заводах.

### СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»

- Использование метода микрофокусной рентгеновской томографии для неразрушающего контроля микроэлектронных устройств и датчиков давления.
- Технология рентгеновской толщинометрии и анализа элементного состава в сфере электроники.
- Возможности современного рентгеновского томографа в анализе качества многослойных печатных плат.
- Расширенные возможности планарной КТ.
- Технологии визуального контроля качества в сборочно-монтажном производстве.
- Опыт применения рентгеновских систем при анализе отказов электронных изделий.

### СЕКЦИЯ «НЕФТЬ И ГАЗ»

- Применение КТ в нефтегазовой сфере.
- Применение РКТ для исследования фильтрационных характеристик пористых сред.
- Рентгеновская микротомография в почвоведении. Опыт применения и перспективы.
- Гониометр для описания структурных особенностей керна.
- Volume Graphics – решения для нефтегазовой сферы.
- Исследование морфологии и распределения сульфидных фаз методами компьютерной томографии.
- Рентгеновская томография при контроле испытаний перфорации и кислотной обработки.

Организация автобусного трансфера Москва-Владимир-Москва для посещения Центра технологий контроля во второй день мероприятия – нововведение этого года. Участники прошлогодней конференции добирались до Владимира поездом. В этот раз, несмотря на неутешительный прогноз московских пробок, было решено рискнуть, сделав ставку на автобус, и риск оправдался. Переезд способствовал формированию атмосферы, располагающей к неформальному общению и знакомствам, и время в пути прошло практически незаметно.

В 2015 году небольшой по площади ЦТК во второй день конференции, казалось, трещал по швам, при том, что там находилось порядка 60 человек. В этом году, с двумя новыми системами компьютерной томографии и примерно в 1,5 раза возросшим количеством участников, учитывая и сотрудников Остека, существовал немалый риск провалить практическую часть. К счастью, второй день мероприятия, 7 апреля, прошел без заминок, как и в прошлом году, когда реальное количество посетителей превысило расчетное.

Во второй день конференция возобновила работу в тех же секциях, что и днем ранее. Работа шла в интенсивном режиме **рис 4**. Возможности, продемонстрированные системами компьютерной томографии на кон-



**4** Даже в перерывах сотрудники направления технологий контроля отвечали на вопросы



5 Уличные шатры для перерывов стихийно стали еще одним местом обсуждений важных вопросов

кретных примерах, вызвали живой интерес, вскрывая наболевшие проблемы участников, будь то проведенная инспекция радиоэлементов, литых деталей автомобилей или кернов. Группы менялись местами, оценивая возможности оборудования, а также участвуя в теоретических обсуждениях. В перерывах дискуссии переносились в специально оборудованные на улице шатры, где за чашкой чая или кофе можно было поделиться своими впечатлениями и соображениями по той или иной проблеме рис 5.

Обсуждения не прекращались и на пути в Москву после завершения практической части. Значит конференция в очередной раз затронула болевые точки и подняла актуальные проблемы производства и исследований.

Подводя итоги, можно смело утверждать, что всего за четыре года из узкоспециализированного мероприя-

тия, ограниченного темами компьютерной томографии, конференция превратилась в масштабное межотраслевое событие, посвященное широкому ряду актуальных вопросов обеспечения качества в промышленности и исследованиях, выйдя за рамки отдельно взятой технологии. Демонстрируя положительную динамику роста по всем аспектам, повышая уровень докладов, актуальность и пользу тем, добавляя полезные практические занятия на действующем оборудовании, вовлекая новые отрасли и помогая налаживанию контактов между предприятиями, конференция ежегодно увеличивает число заинтересованных участников.

Направление технологий контроля Остек-СМТ сердечно благодарит всех гостей конференции «НТК-2016» и приглашает на встречу в следующем году.

Особую признательность за помощь в организации мероприятия и высокое качество предоставленного материала мы выражаем приглашенным докладчикам:

- А. Egbert, J. Schache (General Electric)
- В. Becker, S. Rumyantsev (Volume Graphics)
- К. Н. Абросимову (Почвенный институт им. В. В. Докучаева)
- А. В. Аспидовой (НИИИТ)
- Э. Э. Ахмадиеву (ЦЦТ)
- А. Г. Баранову (ОКБ им. Сухого)
- Л. Е. Беньяминовой (АСК-Рентген)
- Д. Р. Гилязетдиновой, А. Н. Хомяку (МГУ им. Ломоносова)
- И. П. Горбачеву (ПКС)

## НТК-2016 в цифрах:

**Общее количество зарегистрированных участников: 180**

**Количество участников в 1 день: 130**

**Количество участников во 2 день: 80**

**Секций: 3**

**Количество докладов: 29**

- А. Н. Денисову (ЭПАК-Сервис)
- Ю. С. Ланцову, Д.А. Ширяеву (Исток)
- Н. С. Ларичеву (МГТУ им. Баумана)
- А. Н. Новиковой (Синеркон)
- Т. С. Онегиной (АСК-Рентген)
- И. Д. Петрову (ВНИИА им. Духова)
- Е. С. Прусову (ВлГУ им. Столетовых)
- А. А. Фролову (Остек-АртТул)
- С. С. Чугунову (Сколтех)
- К. Ю. Шепелю (ВНИПИвзрывгеофизика)

## Отзывы участников

**Лаптев А. С., ФГУП ВИАМ:** В первой части конференции, которая проводилась в Москве, нам очень понравился ряд докладов. Например, представителей Volume Graphics. Хотелось бы еще больше гостей из-за рубежа, именно производителей данных систем, программного обеспечения, а особенно тех специалистов, которые работают там на производстве. Было бы неплохо понять, как это воплощено у них на производствах и в научно-исследовательских центрах. Чтобы потребители продолжали делиться своей информацией: где и каким образом они применяют системы контроля, особенно в научно-исследовательских работах. Это очень важно. А такие мероприятия с демонстрацией – это очень здорово и полезно. Потому что прежде чем на производство порекомендовать данный вид оборудования, нужно сначала попробовать, что оно может в принципе.

**Прусов Е. С., ВлГУ:** Если сравнивать с предыдущими конференциями, число участников продолжает расти. Не в последнюю очередь это связано с тем, что в этом году была расширена тематика конференции. Она охватывает не только сферу компьютерной томографии, были представлены доклады и по другим актуальным направлениям контроля качества, по новым современным методам. Было много новых гостей. И, конечно, были представлены новые результаты, которые отражают современное состояние работы в этих направлениях. В отношении работы секции «Материаловедение и металлообработка» хочу заметить позитивную тенденцию, как и во всей конференции в целом, к росту числа участников. Как и в прошлом году она стала наиболее крупной, собрав представителей ученого и бизнес-сообщества, обсуждавших различные актуальные направления развития систем контроля качества. Еще одним важным моментом, который был отмечен во многих докладах, прозвучавших в секции, было развитие комплексного подхода к исследованиям в области материаловедения и контроля качества. То есть это, в первую очередь, мультимасштабность, переход от макроуровня через микроуровень к наноуровню, что позволяет проследить именно на разных уровнях изменение структуры материалов

под влиянием каких-либо факторов. Это комплексное использование различных методов исследований, то есть совместное использование компьютерной томографии, электронной микроскопии, дифрактометрии, рентгено-флуоресцентного анализа и других. Я считаю, что такие подходы имеют очень большую перспективу именно с точки зрения максимально полного изучения того или иного процесса или явления.

**Стаценко Е. О., КФУ:** В первую очередь, хотелось бы поблагодарить организаторов за предоставленную возможность выступить на такой конференции. Много новых контактов, новых знакомств. В этом году конференция значительно расширилась, это видно по количеству участников. Очень приятно видеть, что появилось новое оборудование. Мне это, как одному из операторов томографов, наиболее интересно с практической точки зрения.

**Сон М. И., АО КЭМЗ:** По поводу организации – считаю, что организовано все замечательно. Для работы созданы хорошие условия. Содержание конференции очень полезно. Мы хотели посмотреть, какие есть новые технологии, как развиваются системы контроля качества, мы увидели это в полном объеме.

**Яковлев Ю. Е., ООО НПП «Экра»:** Мы приехали сюда с заведующим отделом менеджмента качества, и как она отметила, нас подкупило именно название – «Новейшие технологии контроля». Меня, как технолога, зацепили «технологии», ее – «контроль». Это и стало основополагающей причиной участия в конференции. Честно говоря, вы мои ожидания превзошли уже в первый день. Я думал, что ГК Остек специализируется только на электронике, для меня было открытием, что уже и в области нефтянки и геологии. Надеюсь, ваш ЦТК еще больше расширится. Все замечательно. Направление выбрано правильно, тем более с таким партнером как General Electric.

**Павлюк-Мороз Н. А., НПП «Пульсар»:** Огромное спасибо организаторам. Все понравилось, все доходчиво объясняют и наглядно показывают. Очень здорово, что есть такое мероприятие.

**Ахмадиев Э. Э., ЦЦТ:** Впечатление от конференции положительное. Очень высокий уровень организации. Очень много нашел для себя полезных контактов и важно, что привлек внимание к своей компании. Считаю, что очень результативно провёл время.

**Нил Блумфилд, General Electric:** Хочу сказать, что я был очень впечатлен мероприятием. Оно очень хорошо организовано. Во многом оно схоже с нашим событием X-Ray Forum, в котором также проводится практическая часть во второй день. Думаю, что была очень интересная подборка докладов во всех секциях. Освещены очень интересные темы. И разделение на секции – это очень удачная идея: сфокусироваться на конкретных технологиях. Это здорово. Даже организация трансфера прошла у вас без сбоев. 

# Работаем на «разрыв».

Обзор универсальных  
испытательных машин

компании **3R**



Текст: Анатолий Лютов

”

Исторический путь развития цивилизации был невозможен без развития используемых подручных материалов. Яркая иллюстрация этого факта – деление на периоды, в которых один материал сменял другой (каменный – медный – железный – бронзовый век). Смена эпох всегда сопровождалась сменой материалов для создания новых продуктов. Сейчас мы находимся на пороге очередной «смены», когда вместо общепринятых материалов активно внедряются и успешно используются новые.

«Материя является обезличенным производением болезненного разума. Этот вопрос имеет условный характер. О наличии материи можно говорить, только пока ее воспринимают: «быть — значит восприниматься» (с) **Дж. Беркли**

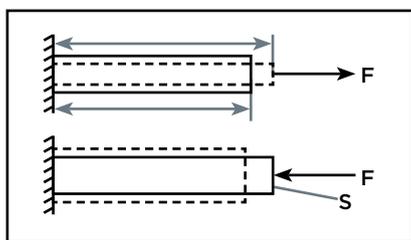
**М**атериалы и производственные технологии нового поколения являются основой перехода промышленности к новым технологиям. В РФ действует Госпрограмма по развитию материалов. Стратегия включает 18 направлений, в числе которых, в частности, интеллектуальные материалы, интерметаллиды, наноструктурные материалы и покрытия, монокристаллические жаропрочные суперсплавы, ниобиевые композиционные и другие материалы. Развитие этих направлений должно, в свою очередь, обеспечить реализацию десяти «основных концептов в разных отраслях, включая авиастроение, которые позволят реализовать выпуск прорывных продуктов на российский рынок». Консолидация всего инновационного потенциала в области материалов для всей отечественной промышленности будет сформирована на базе ВИАМ. О возможности создания подобного центра компетенций говорит тот факт, что исследования специалистов

института уже нашли свое применение в таких прорывных проектах, как создание самолета МС-21 и двигателя ПД-14. Устойчивое развитие и появление новых материалов и изделий из них заставляет задумываться о том, каким образом обеспечивать их испытание и контроль.

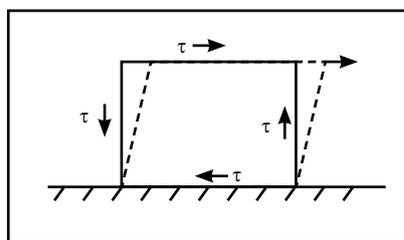
Механические и технологические методы испытаний используются для исследования прочности, деформируемости, пластичности, вязкости и характера разрушения изделия. Различают статическое и циклическое нагружение образцов. В случае одноосного статического нагружения для определения характеристик прочности и пластичности образец исследуемого материала подвергается действию постоянной или медленно и плавно (квазистатически) повышающейся нагрузки. Виды деформации: растяжение-сжатие, изгиб, кручение, сдвиг.

Предлагаемые ООО «Остек-Тест» технические решения по оснащению испытательных подразделений позволяют проводить научные исследования, пилотный и серийный выпуск продукции при достижении экономической эффективности за счет выявления как явных, так и скрытых дефектов на различных стадиях ее изготовления. Совместно с компанией 3R , европейским лидером в производстве универсальных испытательных машин, Остек предлагает целый спектр решений для различного вида механических испытаний.

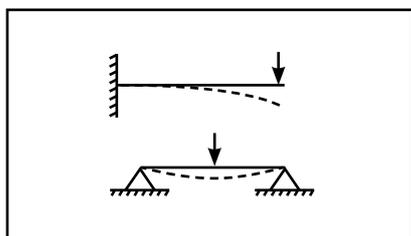
## Виды деформации



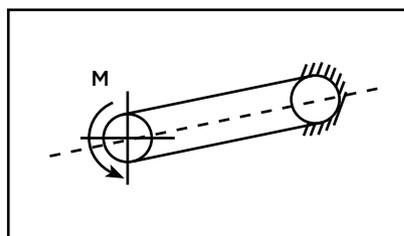
■ Растяжение  
– сжатие



■ Сдвиг



■ Изгиб



■ Кручение



1  
Производственный комплекс  
компании 3R

Модельный ряд испытательных машин компании 3R представлен сериями:

- лабораторные машины Synthez;
- эргономичные машины экономичного типа Syntax;
- высокотехнологичные машины Syntech;
- специальные машины Syntium (на основе ТЗ заказчика).

Установки серии Syntech и Syntium спроектированы и произведены на основе технологии RIGI-DRIVE.

Что представляет собой технология RIGI-DRIVE? В чем уникальность этого оборудования?

Технология RIGI-DRIVE — это конструкторская разработка инженеров 3R, сочетание комбинации сервоприводов и шариковинтовой передачи с предварительно нагруженными шестернями. Это обеспечивает высокую точность перемещения на малых скоростях и отсутствие вибрации на средних и высоких скоростях, недостижимые при других типах передачи.

## Максимальная точность испытаний — это «черный ящик» от компании 3R

Качество универсальных испытательных машин базируется на трех показателях:

- жесткость опорной рамы;
- высокопроизводительная электроника;
- удобный для пользователя интерфейс.

Все три критерия идеально сочетают в себе универсальные испытательные машины 3R. Удаленное электронное оборудование обеспечивает легкий доступ и наилучшую изоляцию шумов, создаваемых при работе устройств. Установки, построенные по данной технологии, имеют следующие преимущества:

- регулируемое синхронное управление до 1000 Гц;
- прямой сервопривод с обратной связью до 1 кГц;
- автономный инвертор управления с частотой дискретизации до 12 кГц;
- автоматическую идентификацию тензодатчика при помощи EEPROM коннекторов;
- максимальную точность перемещения 0,005 мкм/с (минимально возможная скорость на всех универсальных испытательных машинах 3R);

**Французская компания 3R основана в 1987 году. Уже 30 лет компания специализируется на проектировании и производстве универсальных испытательных машин и на протяжении 20 лет реализует поставки оборудования на такие предприятия как Lafarge и Airbus. Детали машин и исполнительные механизмы (тонколистовой металл, электрические и гидравлические сборочные модули), система управления (печатные платы, ПО) изготавливаются на заводе площадью 10 000 м<sup>2</sup>, оснащенном передовым оборудованием.**

- LCD-графический дисплей удаленного управления и регулировку скорости сервопривода;
- блочно-модульный режим управления, позволяющий выбирать испытания по характеристикам: перемещения, сила, растяжение, сжатие;
- наличие плат усилителя, отвечающих за сбор данных с приборов: автоматические экстензометры, видео-экстензометры, линейный датчик положения.

Далее представлен краткий обзор универсальных испытательных машин компании ZRR и рассмотрены их основные преимущества.

### SYNTHEZ — модель на 3–10 кН

Механические характеристики:

- одно- или двухколонный тип исполнения, обеспечивающий свободный доступ к рабочему пространству;
- направляющие, выполненные из термически обработанной стали и хромированных колонн;
- сборочная конструкция установки из нержавеющей стали и отполированного алюминия;
- усилие 3 или 5 кН в зависимости от модели машины;
- вертикальный ход колонн 500 или 1200 мм в зависимости от модели.

Измерение усилий:

- одна колонна, способная выдержать нагрузку от 5 до 5000 Н;

- класс точности измерений 0,5;
- широкий спектр сменных оснасток (Ø8-Ø16 мм) для быстрой смены и работы;
- плата усилителя для измерения перемещения линейным датчиком.

Функциональность:

- возможность исполнения в автономном режиме без ПК и ПО;
- регулировка скорости от 1 до 600 мм/мин.;
- периодичность выборки данных 50 Гц;
- точность позиционирования траверсы 0,01 мм.

### SYNTAX — модель на 100–300 кН

Механические характеристики:

- высокая жесткость опорной рамы, выдерживающая нагрузку от 100 до 300 кН;
- две ШВП с прецизионным преднатягом по двум точкам контакта, обеспечивающие перемещение больших нагрузок с минимальным отклонением, исключая люфты;
- гибридная трансмиссия, обладающая высокой жесткостью конструкции. Планетарный редуктор и усиленные ремни, обеспечивающие высокий КПД системы;
- преднагруженные подшипники специального исполнения.

Управление:

- сервопривод переменного тока;
- диапазон скоростей от 0,1 до 800 мкм/мин;



2 Универсальная испытательная машина серии SYNTHEZ



3 Универсальная испытательная машина серии SYNTAX

- минимальное перемещение вдоль рамы  $\pm 0,1$  мкм/мин.

#### Защита и конструкция:

- жесткая конструкция металлического профиля рамы из тонкого листового металла;
- защита ШВП;
- опционально возможно оснащение установок защитными дверями, алюминиевыми рамами и поликарбонатным окном с датчиком перемещения.

#### Эргономичность:

- рабочая высота до 975 мм, включая основание;
- ход траверсы 1230 мм;
- ширина колонн 450 мм для крепления всех необходимых приспособлений.

## SYNTECH — модель на 150, 400 и 700 кН

#### Механические характеристики:

- нагрузка на раму от 150 до 700 кН;
- 2 или 4 массивные направляющие колонны (в зависимости от конфигурации установки);
- 2 или 4 ШВП с прецизионным преднатягом (в зависимости от конфигурации установки);
- жесткая передача, основанная на технологии RIGI-DRIVE.

#### Защита и конструкция:

- защитный кожух, выполненный из нержавеющей стали и прозрачного поликарбоната;

- торцевой кожух из стекловолокна оснащен светодиодной подсветкой;
- ШВП: каждая пара защищена жесткой мембраной из кевлара;
- нижняя траверса, защищенная кожухом из нержавеющей стали, который выдерживает высокие нагрузки.

#### Управление:

- сервопривод переменного тока;
- автономный инвертор управления с частотой дискретизации до 12 кГц;
- регулируемое синхронное управление до 1000 Гц;
- замкнутая система управления при помощи ПК.

#### Эргономичность:

- рабочая высота от 450 до 550 мм, включая основание;
- широкий набор оснасток, позволяющий проводить полный спектр статических испытаний: растяжение-сжатие, изгиб, кручение.

## Универсальные испытательные машины специального применения серии SYNTIUM (до 2000 кН)

Для проведения испытаний на высоких статических нагрузках требуется кастомизированное оборудование, поэтому на предприятии 3R создан отдел разработок, реализующий проектирование и производство оборудования в соответствии с техническим заданием заказчика.

## Обновленная система управления Synt'x

Компания 3R разрабатывает ПО для управления механическими испытаниями рис 6. Мониторинг и управление режимами реализуется с помощью выносного контроллера или ПК.

#### Эффективность

Конфигурация ПО позволяет получить доступ к выбранным испытаниям в несколько кликов. Конфигурация программы предусматривает создание и настройку собственных программ испытаний путем перепрограммирования.

#### Производительность

Программа Synt'X обеспечивает калибровку и настройку серводвигателя.

#### Эргономичность

Конфигурация интерфейса управления интуитивно понятна, позволяет выбирать параметры испытаний и самостоятельно создавать и строить отчеты испытаний по требуемым параметрам нагружений.

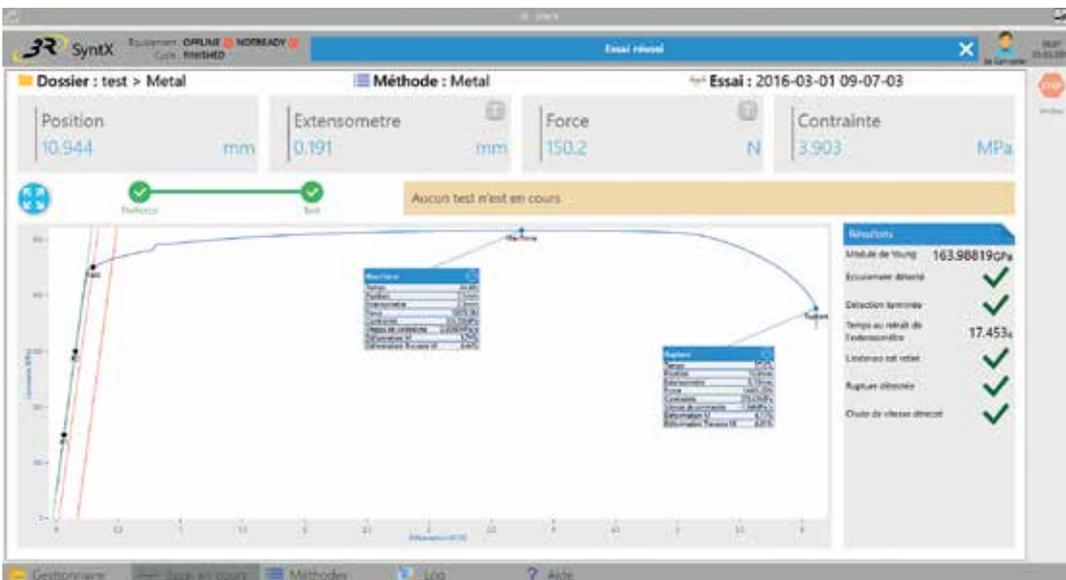
#### Функциональность

Кроме функций общего контроля Synt'x обеспечивает контроль циклов нагружения, различные типы напряжений, деформаций и перемещений.

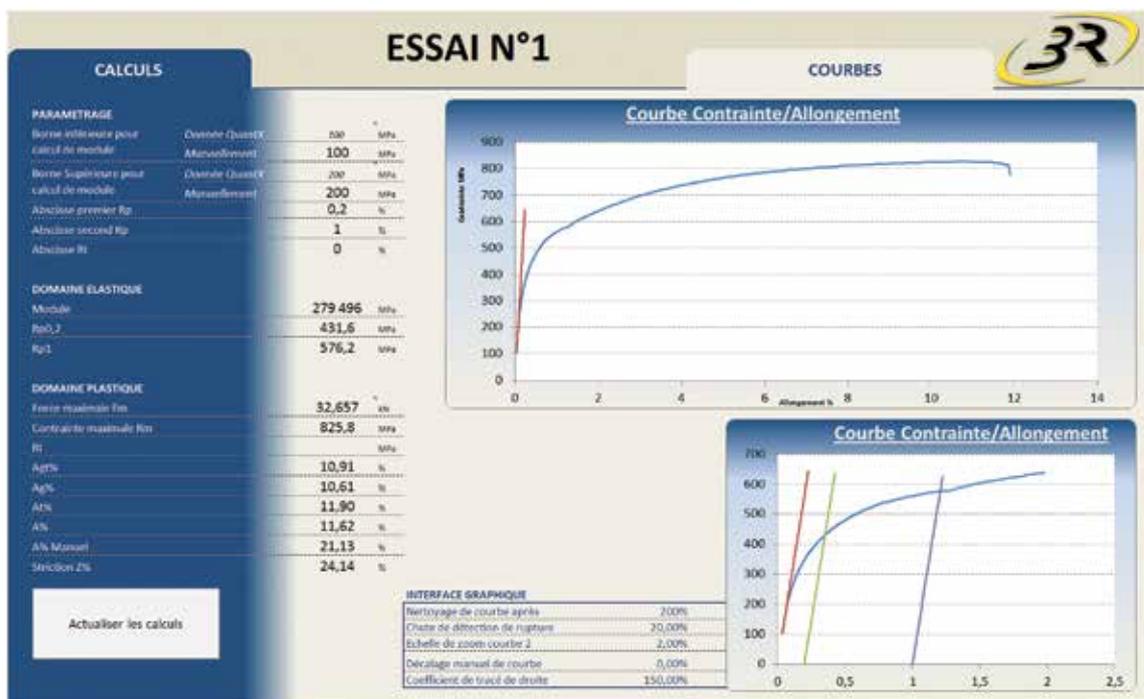




5 Универсальные испытательные машины серии SYNTIUM



6 Внешний вид системы управления Synt'x



7 Внешний вид протоколов испытаний

## Протоколы испытаний

На основании результатов испытаний и измерений формируется отчет по напряжениям, деформациям, перемещениям и максимальной нагрузке рис 7. Отчет выгружается в программе Excel, что облегчает дальнейшую систематизацию и обработку данных. Программное обеспечение позволяет построить диаграмму растяжения/сжатия испытуемого образца на основе проведенных измерений. Данные испытаний построены на интерфейсе, позволяющем выгружать отчеты в Excel. В 2016 году ООО «Остек-Тест» совместно с 3R проведет русификацию интерфейса софта.

## Набор оснасток и средств измерений

Для фиксации образцов и проведения всех видов статических испытаний универсальные испытательные машины могут быть оснащены:

- температурной камерой;
- экстензометрами;
- захватами;
- видеоэкстензометрами.

В зависимости от вида нагрузений и конфигурации образцов могут быть предложены различные виды захватов и фиксаторов рис 8.

Средства измерения, такие как экстензометры и видеоэкстензометры, позволяют осуществлять мониторинг деформаций и напряжений в различных условиях окружающей среды. Достижимая точность бесконтактных измерениях достигает 1 микрон. Оценка качества материала, определение его механических и эксплуа-



8 Виды оснасток для проведения статических испытаний

тационных характеристик, выявление причин потери прочности — вот небольшая часть тех проблем, которые можно решить при помощи данных испытательных машин.

Важно также отметить, что для появления новых

материалов во всех сферах промышленности необходимо обеспечивать контроль их свойств (пластичность, вязкость и др.) и закладывать на этапе исследований, разработок и первичных испытаний заданные параметры.



Характеристики	Syntax 25
Предельная нагрузка, кН	25
Скорость перемещения траверсы	от 0,001 до 1000
Ход траверсы, мм	1250
Кол-во направляющих колонн	2
Макс. ширина рабочего пространства	400
Напряжение питания	220В, 1ф, 50 Гц
Трансмиссия	
Мощность севопривода, кВт	2
Макс. скорость, об\мин.	до 3000
Тензодатчик	
Класс точности	0,5
Разрешение, мВ/В	2

**ООО «Остек-Тест» предлагает всем потенциальным заказчикам убедиться в заявленных характеристиках описанного оборудования и посетить демозал ГК Остек, в котором установлена универсальная испытательная машина Syntax 25.**

**Для посещения демозала отправьте заявку на электронный адрес [test@ostec-group.ru](mailto:test@ostec-group.ru) с пометкой: «Демозал. Syntax 25».**

**О других технических решениях в области механических испытаний читайте в следующих номерах журнала «Вектор высоких технологий». \**

# Заглушай и властвуй:

как перестать беспокоиться  
и выбрать правильную безэховую  
акустическую камеру

за 10 минут



Текст: Дмитрий Кондрашов

»

В России наблюдается стремительный рост потребностей по различным видам испытаний, связанных с проверкой функционирования устройств в той или иной среде. Но едва ли этому факту можно радоваться в полной мере. Очевидно, что данный рост — это всего лишь закономерное движение после чудовищного спада, если не сказать, провала последних десятилетий в отечественной промышленности. В очередной раз с горечью приходится вспоминать избитые фразы и заявления о полной потере колоссального потенциала ВПК, созданного в СССР. Но несмотря на текущие экономические трудности можно отметить, что российские производители проявляют все большую заинтересованность в улучшении качества выпускаемой продукции и её способности выдерживать самые жесткие виды нагрузок. Слово «качество» подразумевает, в первую очередь, полное соответствие международным и российским стандартам производимой аппаратуры, а не рекламную уловку, которой грешат многие в современном мире, связывая это понятие с мифическим «врожденным» талантом, обусловленным страной происхождения или каким-либо другим свойством.



1 Экранированные камеры Frankonia в процессе сборки



2 Камеры устанавливаются в новом отремонтированном помещении

Сегодня можно с уверенностью сказать, что благодаря некоторым быстроразвивающимся в России областям испытаний можно ожидать улучшения качества и надежности изделий в целом. При этом добиться реальных результатов становится все сложнее. Перед современным российским производителем стоит настоящая дилемма, которая заключается в поддержании качества продукции на уровне советских стандартов — с одной стороны и согласованием на производстве устаревших стандартов с новыми ГОСТами, которые диктуют новейшие технологии — с другой. Одним из выходов из такой проблемной ситуации является не замена старого ГОСТа на новый, а смена технического подхода и использование современных материалов и технологий, которые должны полностью соответствовать необходимым требованиям. К примеру, общеизвестен факт, что в отечественных ГОСТах на экранированную камеру четко указано, что конструкция помещения должна быть сварная. Однако большинство современных производителей предлагает модульную разборную конструкцию. При этом модульные экранированные камеры во многих случаях обладают лучшими характеристиками по экранировке и способны работать вплоть до 40 ГГц (при использовании специализированного материала до 110 ГГц). Модульная конструкция в несколько раз легче и имеет огромные преимущества при сборке. Это позволяет размещать экранированную камеру **рис 1, 2** в любом помещении и на любом этаже, отсутствие сварочных работ гарантирует чистоту монтажа и сохраняет новое помещение. Кроме того, при необходимости можно без труда разобрать данную ка-

меру и перенести в другое здание или на другой объект при условии, что в дальнейшем вам будет необходимо переаттестовывать вашу камеру, но эти затраты будут несравнимо малы по сравнению с полной заменой сварного помещения. Это один из примеров того, как применение современных технологий и рациональный подход к устаревшим стандартам позволяют в конечном итоге сэкономить бюджетные средства и найти оптимальное решение вашей задачи.

В России в последние 5-7 лет количество безэховых экранированных камер и сопутствующего оборудования, а также проведение комплексных испытаний на ЭМС и антенных измерений растут семимильными шагами. Это означает, что появляется больше молодых специалистов, которые могут работать с современными средствами тестирования, делиться опытом с другими отечественными производителями и, наконец, брать все самые лучшие решения от мировых лидеров области и создавать отечественные аналоги. Не меньшими по сложности организации и измерениям видами тестирования являются также различного рода акустические испытания. Конструкция безэховой акустической камеры принципиально отличается от её собратьев из СВЧ-диапазона, а сложность реализации и построения во многих случаях гораздо выше и требует вовлечения большого количества первоклассных специалистов. Поэтому хочется уделить особое внимание акустическим испытаниям, т. к. столь интенсивного развития и увеличения потребностей, как в тестировании на ЭМС, на данный момент не наблюдается.



3  
Акустическая безэховая камера IAC Acoustics

В данной статье будут рассмотрены, прежде всего, современные стандарты, которые постоянно видоизменяются и имеют очень много схожих особенностей, однако качество изделий по этим стандартам на выходе будет сильно различаться. Также мы рассмотрим непростой выбор технического решения, которое будет полностью соответствовать вашим ожиданиям, опишем самые современные средства акустического тестирования и покажем принципиальную разницу между ними.

Как известно, в сфере измерения акустических параметров есть два вида специализированных ISO стандартов для расчета уровней звукового давления в лабораторных условиях:

ISO 3745 — точный метод;

ISO 3744 — инженерный (расчетный) метод.

Данные стандарты отличаются, в первую очередь, подходами к проведению тестирования, включая обеспечение безэховой среды для акустических испытаний. В данной статье мы попытались изложить в удобной и краткой форме основные различия между этими двумя стандартами с точки зрения процедур квалификации акустической камеры и их влияния на достоверность полученных данных и взаимозаменяемость. Сравнение стратегий проведения аттестации акустической камеры будет приведено с рекомендацией для увеличения скорости проведения теста, а также анализа и отображением результатов тестирования.

Стандарты ISO 3744 и ISO 3745 — это часть серий стандартов ISO 3740, которые устанавливают методы для определения уровней звукового давления (Sound Pressure Level, далее SPL) для различных типов оборудования путем измерения звукового давления. ISO 3745 является точным (прецизионным) методом, а ISO 3744 — методом инженерного типа (расчетным). Оба этих стандарта требуют обеспечения условий свободного поля или свободного поля с плоской отражающей средой, которая предполагает проведение измерения в безэховой или полубезэховой камере **рис 3**. Таким образом, установленная на предприятии или в лаборатории безэховая акустическая камера должна в полной мере отвечать всем требованиям, которые предписывает тот или иной стандарт. На данный момент существуют два основных требования для акустической среды, которые должны соответствовать ISO 3744 и ISO 3745:

- допустимая погрешность создаваемого свободного звукового поля в безэховой камере (Free Field Adequacy, далее — FFA);
- фоновый шум (Background Noise).

Если требования по фоновому шуму в камере зависят от уровня шума тестируемого источника звука, то основной критерий для FFA не зависит от источника звука, который испытывается внутри заглушенного помещения. Стандарты ISO 3744 и ISO 3745 прежде всего нацелены на обеспечение свободного звукового поля

в безэховой камере при помощи определения допустимого отклонения от идеального значения свободного поля. Другими словами, проводя измерения в безэховой камере, мы должны быть полностью уверены, что отклонение от теоретического значения акустического свободного поля минимально, и аппроксимируемая вычисленная звуковая мощность максимально близка к реальному значению звуковой мощности источника.

## Требования к испытаниям по стандартам ISO 3745 и ISO 3744

### РАЗДЕЛ А. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ ПО СТАНДАРТУ ISO 3745

#### Допустимая погрешность создаваемого свободного звукового поля в безэховой камере (FFA).

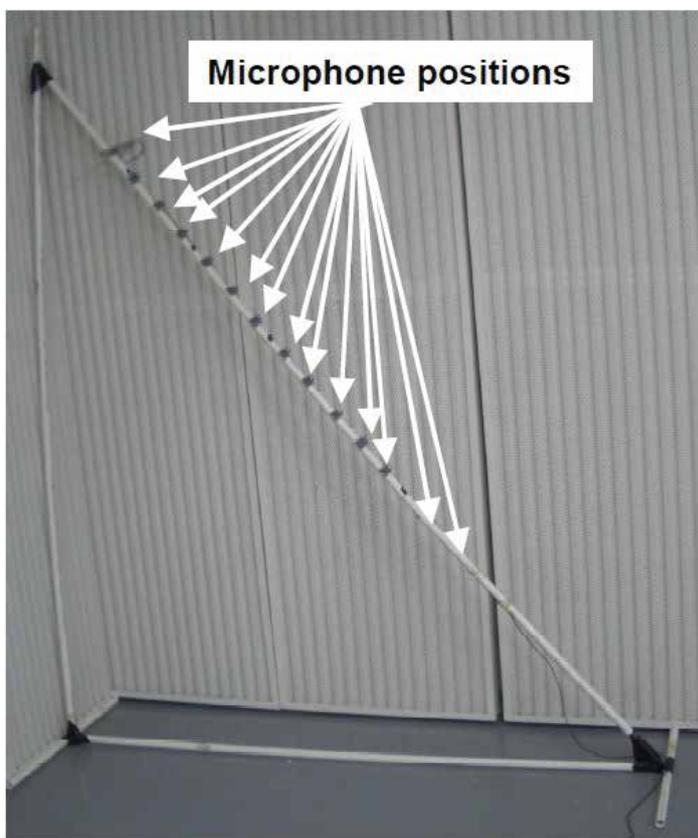
Главный критерий для FFA — правильная конструкция и размещение поглощающего материала самой камеры, независимо от тестируемого источника звука, как описывалось выше. Основным принципом является сравнение уменьшения SPL относительно дистанции от испытываемого изделия в безэховой камере и сравнения ожидаемого уменьшения SPL в реальном условии свободного поля, т.е. звуковое давление снижается по отношению к расстоянию согласно закону обратной квадратичной зависимости. За точку отсчета принимают тестируемый источник звука, который должен быть все-направленным и генерировать достаточную выходную мощность таким образом, чтобы его амплитуда в самых удаленных углах безэховой камеры была выше фонового шума не менее, чем на 10 дБ. Например, для испытания источника случайного шума измерения должны проводиться с большим количеством регистрируемых точек, расположенных как минимум в пяти направлениях от геометрического центра источника до углов безэховой камеры. Традиционно данное измерение выполняется в виде регистрируемого звукового давления от микрофона, который медленно перемещается от источника к каждому из пяти концов направляющих. Использование современного оборудования, которое позволяет организовать многоканальную систему сбора данных гораздо эффективнее и быстрее, позволяет одновременно захватывать большее количество данных от микрофонов, расположенных по всему периметру камеры. На рис 4 показаны «телескопические» микрофонные системы, которые были использованы для процедуры аттестации по стандарту ISO3745 в безэховой камере на рис 3.

Измеренное звуковое давление снижается с увеличением расстояния от источника звука, оно сравнивается с теоретическим падением уровня (6 дБ за двойную дистанцию) от точки источника в свободном звуковом поле, и разница должна быть меньше, чем значение, приведенное в Т 1. Если эта разница превышает максималь-

Т 1

Допустимое отклонение измеренного SPL от рассчитанных значений, определенных на основе закона обратной квадратичной зависимости

Тип камеры	1/3 полоса октавы (Гц)	Допустимое отклонение (дБ)
Безэховая камера	< 630	1,5
	От 800 до 5,000	1,0
	> 6,300	1,5
Полубезэховая камера	< 630	2,5
	От 800 до 5,000	2,0
	> 6,300	3,0



4

Микрофонная система для аттестации по ISO 3745

ное значение, то должен быть использован стандарт ISO 3744. Таким образом, данное отношение определяет стандарт тестирования, по которому необходимо проводить измерения.

Другим способом проведения испытаний является метод, приведенный в разделе Б, который оценивает «качество свободного поля» безэховой камеры с определенным тестируемым источником шума. Микрофоны находятся на двух измеряемых полусферах с разными радиусами и расположены по центру относительно источника звука. Основное отличие заключается в усреднении значений звукового давления, снятых микрофо-

нами с внутренней полусферы  $S_1$  и внешней полусферы  $S_2$ , которое вычисляется по формуле:

$$\delta = L_{p1} - L_{p2} - 10 \log (S_2/S_1) \text{ дБ},$$

где:

$L_{p1}$  — усредненное SPL на поверхности 1 ( $S_1$ ), в дБ

$L_{p2}$  — усредненное SPL на поверхности 2 ( $S_2$ ), в дБ

Если значение  $\delta$  меньше, чем 0,5 дБ в каждой полосе частот, тогда камера аттестуется по стандарту ISO 3745, но когда тестирование проводится определенным источником, то используется метод для аттестации, приведенный в разделе Б (условная совместимость).

### Фоновый шум

На каждой измеряемой позиции и в каждой полосе частот уровень от источника звука должен быть выше, по крайней мере, на 10 дБ уровня фонового шума.

### РАЗДЕЛ Б. ТРЕБОВАНИЯ К БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ ПО СТАНДАРТУ ISO 3744

#### Допустимая погрешность создаваемого свободного звукового поля в безэховой камере (FFA).

Главным критерием для FFA по стандарту ISO 3744 является правильная конструкция и размещение поглощающего материала самой камеры. Средой для проведения испытаний может выступать как полубезэховая камера, так и стандартное помещение при условии, что будут выполняться требования, приведенные в разделе А. Используя фактор коррекции окружения  $K_2$ , который основывается на разнице между свободным полем безэховой камеры и реальным (теоретическим) значением поля. Испытания по стандарту ISO 3744 являются достоверными, если коэффициент коррекции  $K_2 \leq 2$  дБ в каждой полосе частот. Двумя видами подтверждения соответствия данному стандарту являются:

- метод сравнения абсолютных величин, при котором измеряется SPL опорного источника звука и сравнивается с калиброванным значением амплитуды;
- метод расчета коэффициента поглощения в безэховой камере, при котором коэффициент  $K_2$  вычисляется при измерении поглощения внутри камеры прямым способом или с помощью аппроксимирования.

### Фоновый шум

Усреднение всех данных, снятых с разных позиций микрофона на измерительной поверхности, и полученное значение уровня фонового шума в каждой полосе частот должно быть ниже не менее чем на 6 дБ уровня тестируемого источника звука. Если разница между источником и фоновым шумом больше, чем 10 дБ, то проведение коррекции измеренных уровней не требуется. Однако если разница лежит в значениях от 6 до 10 дБ, следует применять другой коэффициент коррекции  $K_1$ , который подробно описывается в стандарте ISO 3744.

## Технические решения для создания правильной безэховой камеры

Развитие и применение различных видов тестирования становится все более актуальным в России. Если рассматривать ситуацию в мировом масштабе, то можно также увидеть возрастающий интерес к проведениям акустических испытаний в безэховых камерах. На сегодняшний день ведущим разработчикам и производителям с помощью новейших технических решений удалось добиться снижения стоимости разработки, изготовления и сборки акустических камер, а также простоты обслуживания и увеличения срока службы материалов по сравнению с предыдущими камерами. И в первую очередь, уделяется особое внимание тем поглотителям, которые используются для создания свободного звукового поля, а также модернизации уже имеющихся объектов для минимизации капиталовложений.

Акустическая камера представляет собой очень точное средство для измерения и контроля метрологических величин, что хорошо видно из ГОСТов, которые регламентируют работу данного оборудования. В акустической камере помимо измерения звуковой мощности проводят точные измерения вибрации изделий. И безусловным лидером в данной области является компания IAC Acoustics. С 1949 года она производит сложнейшие расчеты и сборку различных средств тестирования «под ключ». На данный момент реализовано более 1000 различных проектов по всему миру, включая Российскую Федерацию и страны Таможенного союза.

Что-то же делает безэховую камеру IAC Acoustics особенной?

1. Конструкция акустической камеры и её тип. Три основных типа камер:
  - безэховые;
  - полубезэховые;
  - реверберационные.
2. Современные поглотители звука, отвечающие требованиям стандарта ISO 3745 и ISO 3744:
  - IAC PlanarCHOIC — плоские поглотители;
  - IAC Metadyne — клиновидные поглотители;
  - IAC Microdyne Schedule — клиновидные поглотители для научных исследований и максимальной шумоизоляции.
3. Система двойных стен и дверей для обеспечения защиты от внешнего шума, влияющего на результаты измерений:
  - IAC Noise-Lock — система двойных дверей;
  - IAC Hardliner — система стеновых панелей.
4. Система виброизолированного пола, позволяющего измерять частоту вибрации от 4,5 Гц.
5. Система «глушителей» для вентиляции.
6. Система контроля температуры, давления и влажности, которые сильно влияют на результаты точных измерений.

7. Системы коммуникаций, обеспечивающие исключение влияния внешних воздействий вибрации и шума.
8. Возможность экранирования акустической камеры до 80 дБ.

И последним, но не менее значимым преимуществом является колоссальный опыт и огромный инженерный потенциал сотрудников компании. Детально описывать каждое преимущество в данной статье не представляется возможным, поэтому остановимся на одном из самых важных пунктов — поглотителях звука.

### Плоские поглотители IAC PlanarCHOIC

Благодаря плоским поглотителям IAC PlanarCHOIC возможна работа со стандартом ISO 3744 **рис 5**. Данные поглотители экономят пространство и деньги, т.к. по стандарту обеспечения свободного поля длина клиновидного поглотителя должна быть обратно пропорциональна частоте среза. К примеру, клиновидные поглотители под частоту сигнала 25 Гц по длине должны составлять около 3 м (!). Соответственно, это огромные затраты на материал и размеры используемого помещения, и такое помещение не всегда можно найти на предприятии.

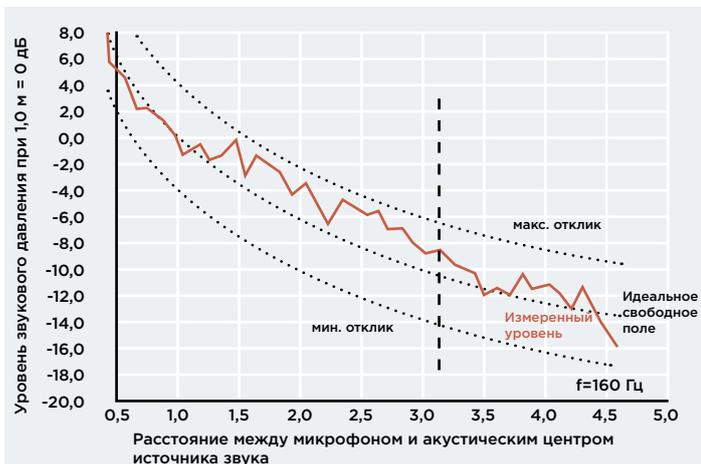
Плоский поглотитель — это модульные перфорированные панели со специальным негорючим наполнителем. За время многолетней интенсивной работы с помощью сложных расчетов специалисты IAC Acoustics добились отличных результатов по созданию свободного акустического поля с материалом PlanarCHOIC. Эффективность данного материала и подтвержденные в независимых лабораториях сертифицированные результаты измерений PlanarCHOIC представлены на **рис 6** и **рис 7**. Используемый материал можно красить в цвета заказчика, он негорючий и сохраняет свою форму на многие десятилетия, в отличие от стекловолокна или пенных материалов, которые уже через пару лет теряют свои свойства и внешний вид.



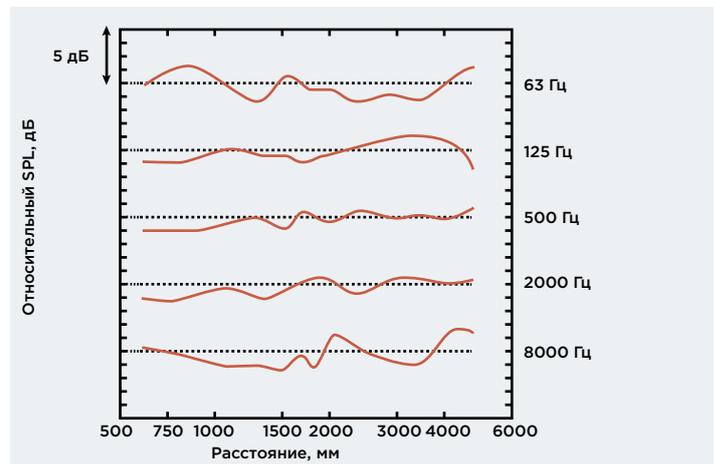
**5** Пример реализованной акустической камеры IAC Acoustics с материалом PlanarCHOIC

### Клиновидные поглотители IAC Metadyne

Безэховые и полубезэховые камеры, в которых применяются поглотители Metadyne® **рис 8**, были выбраны ведущими мировыми компаниями для испытаний и проведения измерений благодаря множеству уникальных преимуществ по сравнению с камерами, создаваемыми с использованием других материалов, таких как стекловолокно или пены. Как уже говорилось, длина клиновидного поглотителя с частотой работы 25 Гц должна составлять более 3 м. Для стекловолокна и пены это очень большая проблема, т.к. при такой длине клинья провисают под собственным весом и быстро теряют работоспособность. Это ведет к замене поглотителей и, как следствие, к значительным дополнительным



**6** Эффективность IAC PlanarCHOIC на частоте 160 Гц и отклонение от закона обратной квадратичной зависимости, кривая 1



**7** Измеренные кривые IAC PlanarCHOIC по закону обратной квадратичной зависимости



8

Пример реализации безэховой акустической камеры на основе клиновидных поглотителей IAC Metadyne

затратам. Клинья Metadyne® были разработаны IAC в качестве решения ряда проблем, связанных с использованием 100 % пены или стекловолокна. Длина клиновидного поглотителя рассчитывается по нижней границе частоты среза рабочего диапазона. IAC стала первым производителем, который обеспечил акустические характеристики высочайшего стандарта с широким диапазоном клиньев, полностью установленных в перфорированные металлические кожухи. Клинья Metadyne® идеально подходят для крупных устройств и продукции, требующей измерения на низких частотах. Прочная конструкция клиньев и их долговечность необходимы лабораториям, работающим с тяжёлым оборудованием и/или воспламеняющимися материалами. Все клинья Metadyne® производятся на заводах IAC в соответствии с самыми жесткими стандартами. Это значит, что унифицированная обработка может быть выполнена на крупных мировых проектах, обеспечивается акустическая характеристика каждого клина. Возможности и преимущества клиновидных поглотителей Metadyne® предоставляют:

- гарантированную акустическую характеристику с очень низкими частотами среза;
- соответствие международным стандартам по испытаниям, включая ISO 3745, ISO 3744, ISO 26101;

- превосходную огнестойкость и ударопрочность;
- повышенную долговечность и длительный срок службы в отличие от любого другого типа клина;
- лёгкость очистки для поддержания внешнего вида на протяжении срока эксплуатации;
- благоприятную для здоровья и безопасную рабочую среду;
- разнообразные заказные варианты лакокрасочных покрытий для обеспечения соответствия цветам заказчика.

### Сравнение плоских и клиновидных поглотителей

С помощью плоских звукопоглощающих панелей в полубезэховых камерах можно создать свободное звуковое поле. Такие панели, как правило, используются, если пространство ограничено, так как они занимают меньше места в отличие от камеры с покрытием из клиновидных форм. Плоский безэховый диапазон поглощения IAC Planarchoic™ может быть настроен для работы с определёнными частотами, также как и диапазон с клиньями Metadyne®. Несмотря на то, что камеры, покрытые Planarchoic™, обладают преимуществом в виде увеличения доступной площади помещения, площадь свободного поля является ограниченной РИС 9.

Камеры со свободным полем Planarchoic™ — всегда полубезэховые. Как правило, они больше по размеру, могут устанавливаться на жесткой поверхности при отсутствии структурно-передаваемой вибрации и шума. Камеры Planarchoic™ подходят для измерения звуков автомобилей, трансформаторов и прочего промышленного оборудования, не требующего высокой точности измерений.

Особое внимание следует уделять отношению объема камеры Planarchoic™ к размерам объекта испытания для обеспечения свободного звукового поля за счёт сокращенного пространства.

Хотя плоские поверхности способны отражать меньше звуковых волн, но, несмотря на акустическую обработку, их эффективность, как правило, не столь высока, как у клиновидных поглотителей. Однако существуют комбинированные решения рис.10, когда безэховые клинья совмещают с плоскими поглотителями. Это дает дополнительное приращение к эффективности звукопоглощения. Данный тип камер не очень популярен и используется при решении специфических задач.

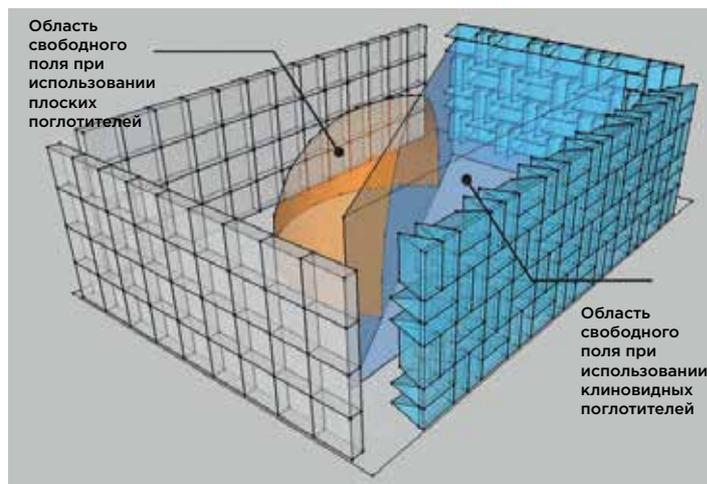
Поэтому все прецизионные акустические измерения зависят от правильно подобранного материала. Для разработки и исследований нужна высокая точность, и в большинстве случаев необходимо использовать клиновидные поглотители.

Все камеры IAC с клиновидными поглотителями сертифицированы в соответствии с ISO 3745 в части, касающейся определения точных уровней акустической мощности (Класс 1). Камеры с плоскими поглотителями, установленными на поверхностях соответствуют требованиям ISO 3744, который распространяется на неточные измерения уровней акустической мощности (Класс 2).



10

Полубезэховая камера с плоскими поглотителями на стенах и с клиньями на крыше для увеличения эффективности поглощения



9

Область свободного звукового поля внутри полубезэховой камеры при сравнении поверхностей, покрытых плоскими поглотителями и клиньями

**Совместимость со стандартом ISO 3745 — это основная цель, которую преследует большинство организаций во всем мире, занимающихся измерением мощности звука для различных видов испытаний. Данный стандарт гарантирует высочайший уровень точности измерений, однако для достижения столь высоких требований необходимо обладать значительным опытом построения безэховых камер и идеальными условиями, которая эта камера должна обеспечивать. Во многих случаях стандарт ISO 3744 также может предоставить хорошие показатели по точности, которые будут достаточными для измерения некоторых типов устройств, где высокая точность слишком дорога и избыточна. В T2 представлены основные различия двух стандартов ISO 3744 и ISO 3745, которые основываются на уровне точности амплитуды звукового сигнала.**



Таблица стандартных отклонений SPL по стандартам ISO 3744 и ISO 3745

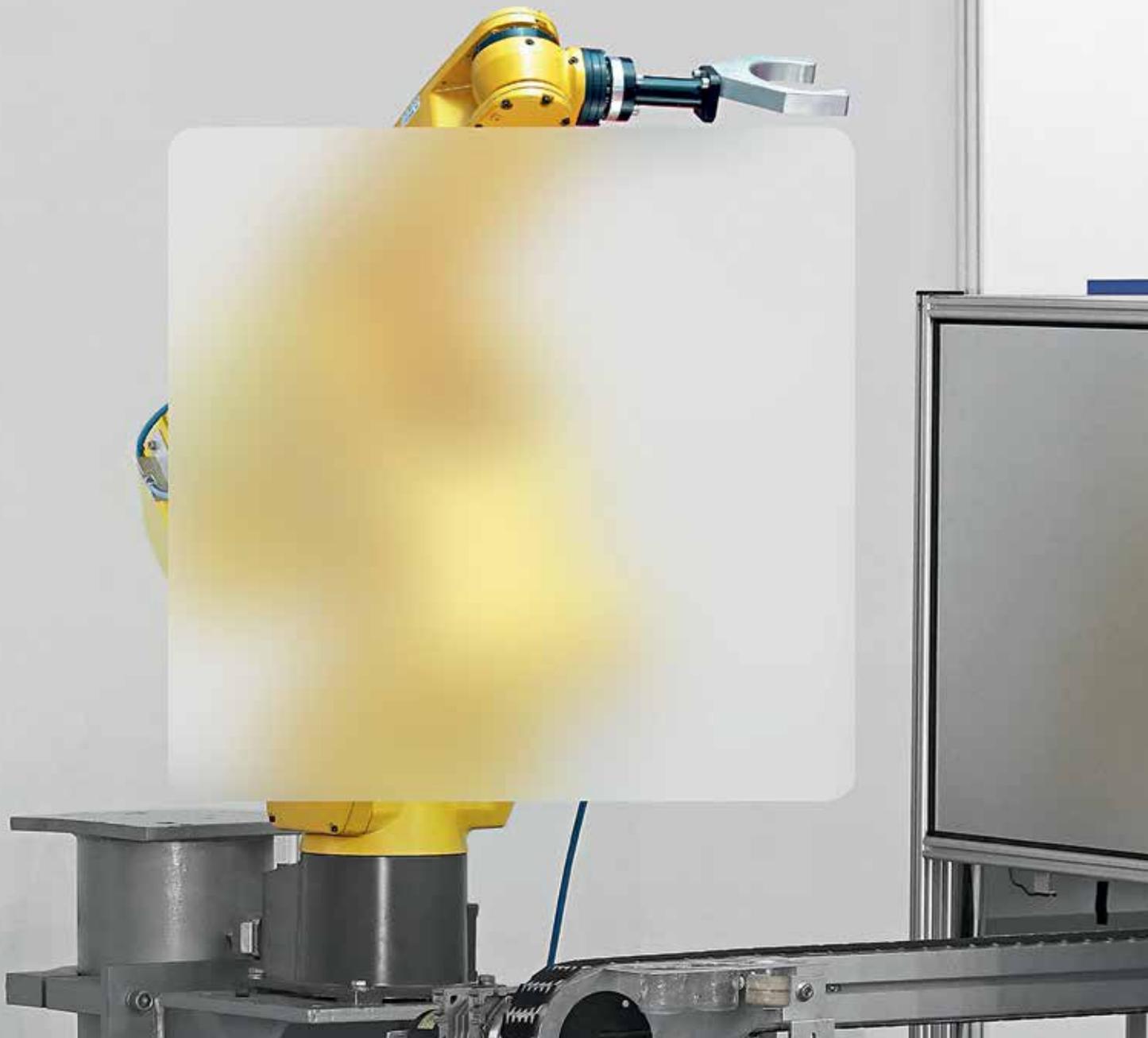
Допустимое стандартное отклонение ( $\sigma$ )		
1/3 полосы октавы центральной частоты		ISO 3745
Гц	Безэховая камера, дБ	Полубезэховая камера, дБ
от 50 до 80	2	2
от 100 до 630	1	1,5
от 800 до 5000	0,5	1
от 6300 до 10000	1	1,5
от 12500 до 20000	2	2
Средневзвешенное значение уровня звукового давления	0,5	0,5

1/3 полосы октавы центральной частоты		ISO 3744
Гц		дБ
от 50 до 80		5
от 100 до 630		3
от 800 до 5000		2
от 6300 до 10000		1,5
от 12500 до 20000		2,5
Средневзвешенное значение уровня звукового давления		1,5

**Мы надеемся, что информация, представленная в статье, поможет специалистам разобраться в основных аспектах безэховых камер и сделать правильный выбор, руководствуясь не рекламными материалами, а современными стандартами тестирования. Статья рассчитана на тех специалистов, которые только задумываются над проведением акустических испытаний и измерений или не имеют достаточных знаний в этой области. Разумеется, ни один специалист не сможет подобрать полностью готовое решение за короткий период времени, т.к. перед разработкой камеры необходимо рассчитать уровень внешних воздействий, которые находятся в непосредственной близости от акустической камеры. Это особенно критично для предприятий, расположенных в черте больших городов или шумных объектов (например, аэропорт). Также необходимо рассчитать виброизолированный пол для безэховой камеры, учитывая все тонкости имеющегося у заказчика помещения.**

**После прочтения этой статьи вы сможете определить необходимый тип камеры, оценить, по какому стандарту проводить испытания, выбрать необходимый тип поглотителя и требуемую систему коммуникаций в камере. Вся остальная работа по разработке, сборке и аттестации будет выполнена специалистами ООО «Остек-Электро».** 



Видеть сегодня промышленное оборудование будущего невозможно, **но технологии производства электроники для него — необходимо**

Гибкость, точность и надежность, что будут присущи промышленному оборудованию завтра, зависят от технологий его производства, которые необходимо внедрять сегодня. У нас уже есть решения для такого развития, разработанные в сотрудничестве с мировыми поставщиками новейшего оборудования и технологий. Эти решения позволяют найти оптимальный путь к успеху производства промышленной электроники.



будущее  
создается

[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)  
(495) 788 44 44  
[info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)



# ОПТИМИЗАЦИЯ

## Цифровая система управления на уровне управляющей структуры — концерна/корпорации



Текст: **Антон Коробенков**

**Б**езусловное выполнение объема и номенклатуры государственного оборонного заказа (ГОЗ) в заданные сроки и в рамках утвержденного бюджета – один из самых важных критериев, по которому оценивают эффективность управляющих структур оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Однако обеспечение этого критерия в настоящее время не такая простая задача. На него влияют множество факторов, как внешних, например, смещение сроков финансирования, так и внутренних:

- эффективность распределения ГОЗ по предприятиям, входящим в управляющую структуру;
- эффективность выстроенных взаимоотношений между предприятиями внутри управляющей структуры;
- оперативность решения вопросов, связанных с выполнением ГОЗ.

Если на внешние факторы ни управляющая структу-

ра, ни тем более предприятие за редким исключением влиять не могут, то «управление» внутренними факторами – одна из основных задач управляющих структур.

Управляющая структура – это вертикально-интегрированная структура, объединяющая:

- от нескольких предприятий (или нескольких десятков предприятий) – концерн;
- до нескольких концернов – корпорация.

Основные цели объединения предприятий в такие интегрированные структуры – сокращение затрат и увеличение гибкости (эффективности) управления. Для того чтобы организовать эффективное управление, **руководителю управляющей структуры необходимо владеть полной, достоверной и актуальной (своевременной) информацией** о ходе выполнения ГОЗ на каждом предприятии. Обладая этой информацией, руководитель может оперативно принимать эффективные управленческие решения.

**LOGOS** Корпорация «Танзанит»

Выполнение ГОЗ

Год	Сумма, млрд. руб.	Выполнение, %
2015	12,3	100
2016	12,8	12,3
2017	9,7	3,5
2018	8,3	1,3

Процент выполнения ГОЗ по годам с привязкой к графику реализации (в графике или срыв сроков)

**LOGOS** Корпорация «Танзанит»

Выполнение ГОЗ

Год	Сумма, млрд. руб.	Выполнение, %
2015	12,3	100
2016	12,8	12,3
2017	9,7	3,5
2018	8,3	1,3

2016

- 2,14 млрд. руб.
- 5,04 млрд. руб.
- 5,62 млрд. руб.

● По графику ● Угроза срыва ● Срыв сроков

**LOGOS**

ГОЗ 2016 с признаками срыва сроков

Заказ	Сумма, млн. руб.	Выполнение, %
(№2) Производство систем ВЛН-С 5-го поколения	940	10
(№4) Производство систем распознавания для АПФ-6	350	12,3
(№8) Производство систем наведения для ПНТП	600	3,5
(№9) Производство систем М2-Р 3-го поколения	250	25,3

Перечень всех заказов с признаками срыва сроков и распределение заказа по предприятиям управляющей структуры

**LOGOS** Корпорация «Танзанит»

ГОЗ 2016 с признаками срыва сроков

Заказ	Сумма, млн. руб.	Выполнение, %
(№2) Производство систем ВЛН-С 5-го поколения	940	10
(№4) Производство систем распознавания для АПФ-6	350	12,3
(№8) Производство систем наведения для ПНТП	600	3,5
(№9) Производство систем М2-Р 3-го поколения	250	25,3

2016

- ОАО «Аметрин» 126 млн руб.
- ОАО «Гелюдор» 114 млн руб.
- ОАО «Морганит» 360 млн руб.

☒ Объем, руб. ☐ Трудоемкость, н/ч

Ход выполнения заказа на предприятии и указание причин срыва сроков

**LOGOS** Корпорация «Танзанит»

Ход выполнения заказа №8 (Производство систем наведения для ПНТП) на ОАО «Морганит»

Заявка на производство	Подразделение	Выполнение, %	Отклонение от плана, дни
2016-18-1	Цех №3 – Производство ПП	100%	0
2016-18-2	Цех №15 – Механообработка	74%	+21
2016-18-3	Цех №16 – Гальваника	35%	+3
2016-18-4	Цех №5 – Сборочно-монтажный	10%	+53
2016-18-5	Цех №7 – Порошковая покраска	30%	-3
2016-18-6	Цех №25 – Изготовление игутов	25%	-5
2016-18-7	Испытательная лаборатория	15%	0
2016-18-8	Цех №45 – Финишная сборка	15%	+3

Этап	Статус
Подготовка производства	Выполнено
Обеспечение	Дефицит
Производство	-
Кооперация	-
ПСИ	-
отк/вп	-

1 Пример интерфейса отображения информации на рабочем месте руководителя управляющей структуры о текущем состоянии и причинах срыва сроков выполнения ГОЗ

Однако возникает ряд немаловажных вопросов:

- Как оперативно собирать необходимую информацию? Особенно если в состав управляющей структуры входят несколько концернов и несколько десятков предприятий.
- Можно ли быть уверенным, что предоставленная информация полная и достоверная?
- Как структурировать большой объем информации таким образом, чтобы было однозначно понятно текущее состояние по выполнению ГОЗ в целом и по каждому предприятию отдельно?
- Как оценивать эффективность работы предприятия, если кроме ГОЗ оно выполняет еще и коммерческие заказы? Насколько прибыльны эти заказы, не «мешают» ли они выполнению ГОЗ?

При ответе на эти вопросы становится очевидным, что **«вручную» управлять предприятиями в рамках управляющей структуры практически невозможно**. Собрать и проанализировать такой объем информации можно только с помощью Информационной Системы (ИС), которая должна «связать» все предприятия (концерны) управляющей структуры в единую «Базу данных».

В роли такой ИС для управляющей структуры может выступить Цифровая Система Управления (ЦСУ), которая объединит предприятия в единое информационное пространство и позволит в автоматическом режиме собирать, структурировать и оперативно отображать запрошенную руководителем информацию.

Рассмотрим, за счет каких факторов внедрение ЦСУ на уровне управляющей структуры позволит повысить эффективность работы и управления.

Сначала сформулируем основные цели и задачи, решаемые ЦСУ на уровне управляющей структуры.

#### Цели

- Повышение эффективности принимаемых управленческих решений, за счет:
  - оперативного контроля над ходом выполнения ГОЗ и других заказов;
  - оперативного контроля финансовых показателей предприятий (выручка, маржа, прибыль, выработка на одного сотрудника и т. д.);
  - оперативного контроля качества выпускаемой продукции;
  - оперативного контроля себестоимости (план-фактный анализ) выпускаемой продукции.
- Оптимизация процесса закупок.
- Оптимизация планирования загрузки производственных мощностей.
- Организация эффективной производственной кооперации предприятий.
- Полная «прозрачность» деятельности предприятий.

#### Задачи

- Создание единой информационной базы данных.
- Структурирование и обработка данных.
- Наглядное представление информации в необходимом виде/разрезе/проекции.

Как видно из обозначенных целей и задач, ЦСУ представляет собой единую информационную среду, в которой «на местах» ведется сопровождение и фиксация параметров производственного процесса. Далее собранная информация обрабатывается, структурируется и может быть представлена в наглядном виде и в необходимой проекции руководителю любого уровня. Например, руководителю управляющей структуры, отвечающему за выполнение ГОЗ, будет очень полезна информация о текущем состоянии, представленная в различных разрезах: по временным интервалам (месяц, квартал, год), по заказам, по предприятиям, с возможностью выяснить причины проблем, возникающих в процессе реализации ГОЗ **рис 1**.

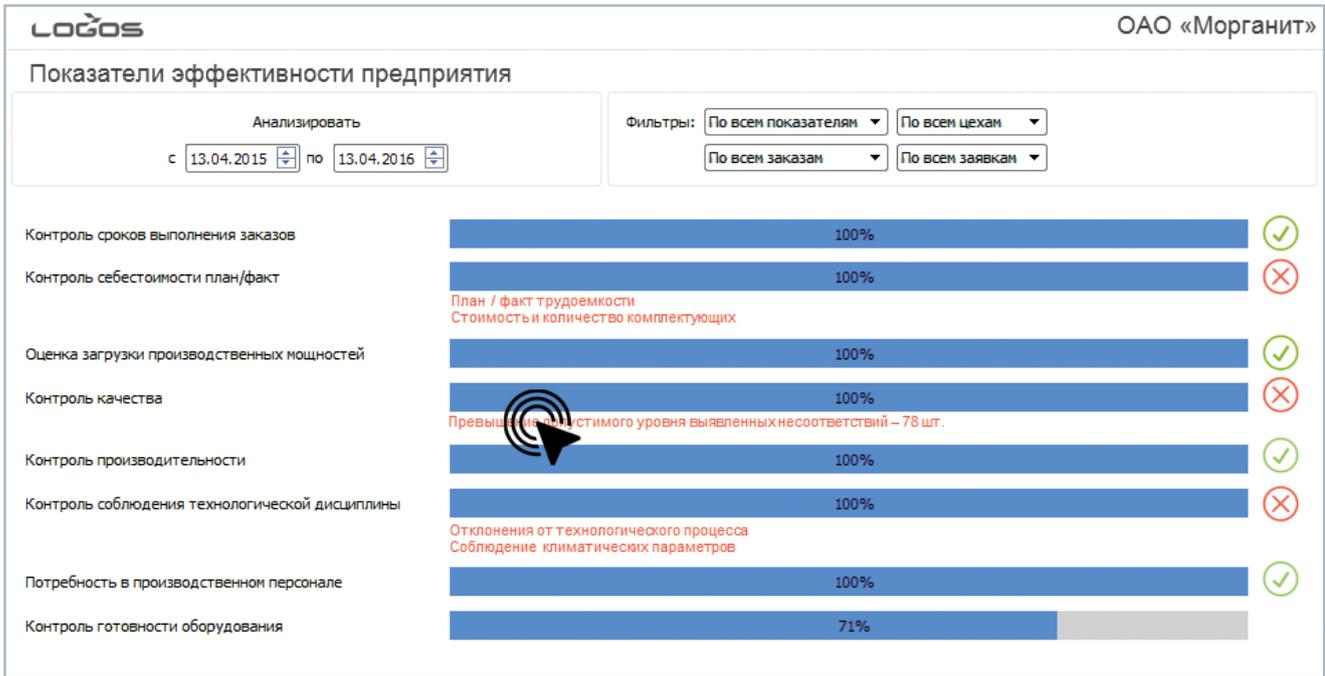
Благодаря внедрению ЦСУ руководитель управляющей структуры может в режиме реального времени увидеть информацию о проблемах с реализацией ГОЗ, а также оценить «глубину» (насколько серьезны отклонения от графика реализации) и причину этих проблем.

Руководителю предприятия, в свою очередь, будет очень полезна информация о текущих показателях эффективности своего завода, многие из которых являются КРІ самого руководителя **рис 2**.

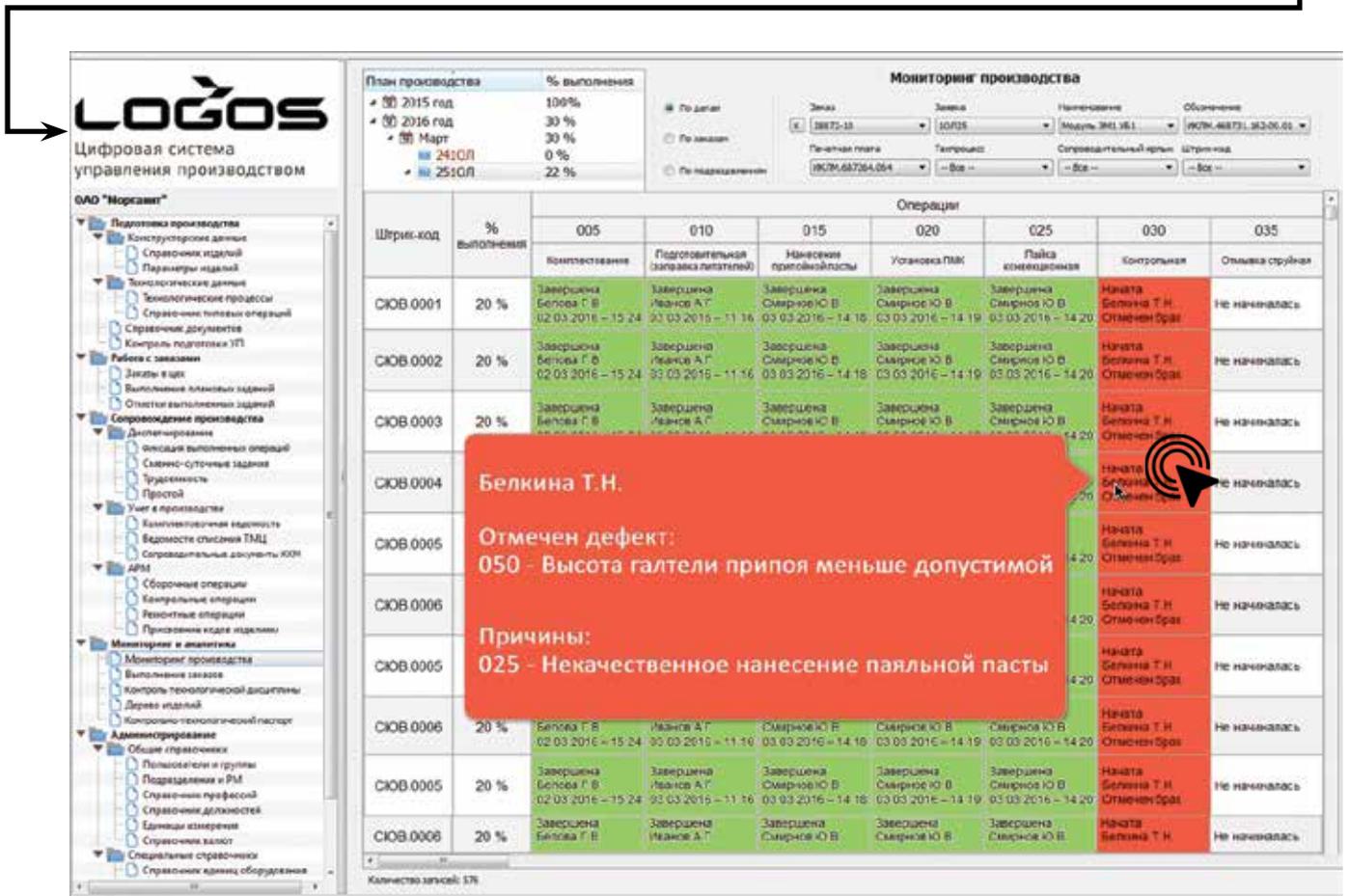
#### Представляемая ЦСУ информация является:

- **Достоверной**, т. к. в автоматическом режиме ведется сопровождение производственного процесса с ведением полной истории создания всех данных и документов.
- **Своевременной (актуальной)**, т. к. сбор и обработка данных производятся «в режиме реального времени».
- **Полной** – чем больше бизнес-процессов на уровне участка/цеха/предприятия будет охватывать ЦСУ, тем более полной информация будет на уровне концерна/корпорации. Также для обеспечения полноты информации ЦСУ должна иметь возможность интегрироваться (обмениваться данными) с уже имеющимися на предприятиях системами и программными продуктами (например, с бухгалтерскими системами, САПР, собственными разработками предприятия и т. д.).

**Внедрение Цифровой Системы Управления – это разумный, правильный и необходимый в «современных реалиях» подход для наиболее эффективного управления процессами на уровне концерна или корпорации.** 



Мониторинг текущих показателей работы предприятия с указанием на показатели, в которых выявлены отклонения



Показатель с отклонением (превышение уровня выявленных несоответствий) и указание причины отклонения

2 Пример интерфейса для мониторинга показателей эффективности работы предприятия

## ТЕХПОДДЕРЖКА

# Чистота — залог припоя: рекомендации по выбору материалов для групповой пайки



Текст: **Денис Поцелуев**



Поводом для написания статьи послужила проблема, возникшая на участке селективной пайки у одного из клиентов. Вернее, проблем было несколько: высокое шламообразование, большое количество брызг припоя, повышенное количество перемычек и непропаев. Совокупность этих факторов приводила к большому числу дефектов после пайки, что прямым образом влияло на снижение количества выхода годных изделий и увеличение себестоимости. На практическом примере в статье мы рассмотрим роль и особенности применения технологических материалов в процессе групповой пайки, а также дадим рекомендации по выбору материалов и оптимизации технологического процесса селективной пайки.

Технологии волновой и селективной пайки нашли широкое применение на отечественных производствах радиоэлектронной аппаратуры. Основные материалы, которые применяются для групповой пайки на установках пайки волной и селективной пайки, — припой и флюс. В частных случаях используется латексный паяльный резист для временной защиты печатного узла. Из применяемых в процессах групповой пайки материалов наиболее значимую роль играет припой. Самым распространенным является свинцовосодержащий сплав Sn63/Pb37.

На первый взгляд может показаться, что припои разных производителей для пайки волной и селективной пайки ничем не отличаются. Поэтому естественно, что при выборе припоя чаще всего ориентируются на его стоимость. Однако практика показывает, что такой подход является ошибочным или, по меньшей мере, заслуживает более детального изучения. Актуальность и значимость применения качественных технологических материалов подтверждаются в нашем практическом примере.

Прежде чем перейти к описанию проведенных техническими специалистами Остека работ на производстве заказчика, необходимо сделать теоретическое отступление и описать ключевые этапы оценки технологического процесса групповой пайки.

**1. Оценка припоя.** Припой должен оцениваться как по внешним параметрам, так и по химическому составу.

Самый простой метод оценки припоя — визуальный. Выбирая припой для групповой пайки, первое, на что следует обратить внимание, — внешний вид припоя (форма (в брусках), диаметр проволоки, качество намотки) и упаковки (качественная тара и маркировка). Бруски правильной формы, ровная намотка проволоки свидетельствуют о том, что припой был изготовлен в заводских условиях с точной повторяемостью процесса. Также на бруске припоя или катушке с припо-

ем обязательно должна присутствовать маркировка. Полное или частичное отсутствие описанных признаков ставит под сомнение происхождение материала, что несет существенные риски для производства, так как не гарантирует, что следующая партия припоя по своему химическому составу, весу и размерам будет полностью соответствовать предыдущей. А это, в свою очередь, ставит под угрозу стабильность производства и гарантию качества.

Химический состав припоя может оцениваться несколькими способами. Самый простой — на основе информации из сертификата на припой. Поставщик обязан по требованию покупателя на каждую партию припоя предоставить сертификат соответствия, в котором указывается химический состав и процентное содержание примесей. Добросовестные поставщики качественных материалов отправляют такие сертификаты с каждой поставкой продукции.

Второй способ оценки припоя для групповой пайки — химический анализ припоя на содержание примесей. Этот показатель регламентируется стандартами DIN1707 и ОСТ 4 Г0.054.267. Чем меньше содержание примесей в припое, тем лучше. Если процентное содержание примесей в припое выше допустимых значений **Т 1**, качество пайки может быть существенно ниже, а количество дефектов — выше. Этот способ более затратный как по времени, так и финансово. Чтобы получить точные данные по химическому составу, требуется специализированное дорогостоящее оборудование. При его отсутствии на предприятии необходимо обращаться в специализированную лабораторию для исследования образца припоя. Рекомендуется сравнивать данные по химическому составу припоя из сертификата соответствия с вышеуказанными стандартами или установленными требованиями предприятия.

**2. Оценка параметров установки селективной пайки.** На этом этапе проверяется предварительный нагрев печатного узла, измеряется темпера-

**Т 1** Допустимое содержание примесей в припое для групповой пайки и влияние превышения ПДК примесей на качество пайки

Наименование примесей	ПДК примесей в ванне припоя, %		Содержание примесей в высококачественных припоях Elsold, %	Влияние превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) примесей в припое на качество пайки
	По ОСТ 4Г 0.054.267	По DIN1707		
Медь	0,50	0,005	0,0029	Припой более вязкий, поверхности паек зернистые, увеличивается время смачивания, припой прилипает к ПП. Повышенное оксидообразование в ванне
Железо	0,02	0,05		Зернистая поверхность пайки, образуется FeS2
Алюминий	0,008	0,001	-	Повышается температура плавления, зернистая и тусклая поверхность пайки, увеличивается скорость окисления поверхности расплавленного припоя, снижается коэффициент растекания припоя
Цинк	0,008	0,001	<0,0001	
Кадмий	0,008	0,001	<0,001	
Висмут	1,0	0,01	0,0082	Потускнение припоя и поверхности паяного соединения



Разбрызгивание припоя на участке селективной пайки <sup>1</sup>

тура припоя в ванне, проверяется наличие подачи азота и поднятия миниволны (при селективной пайке), расход флюса, а также ряд других параметров.

**3. Оценка качества пайки.** На этом этапе визуально, в том числе с применением микроскопа, оценивается спаянный печатный узел на наличие дефектов: перемычки припоя между соседними выводами компонента, смачиваемость монтажных отверстий, непропаи, остатки флюса.

А теперь вернемся на производство и подкрепим теорию практикой. Изучив участок селективной пайки и проанализировав существующий технологический процесс согласно вышеописанному алгоритму, специалисты Остека получили следующие данные:

**1. Оценка припоя.** При визуальном осмотре продукции на этикетке катушки с проволокой номер сплава, тип сплава, диаметр припоя были нанесены маркером, что уже ставило под сомнение происхождение припоя. В листе с технической информацией на используемый припой не было указано процентное содержание примесей, сертификат на поставленную партию отсутствовал. Провести химический анализ на месте не представлялось возможным, поэтому ограничились визуальным наблюдением. При визуальной оценке расплавленного припоя было выявлено большое количество образованного шлама после двенадцати часов работы **рис 1**, **рис 2**, в зоне пайки наблюдалось сильное разбрызгивание припоя. За дневную смену образовывалось до 4 кг шлама — это более 30 % от общего объема ванны. Допустимым расходом считается 1-2 % шлама в день от объема всей ванны припоя.



<sup>2</sup> Шлам



3 Неправильная форма миниволны при пайке на окисленных волнообразователях

**2. Оценка параметров установки селективной пайки.** Производство заказчика оснащено современной установкой селективной пайки с двойным конвейером для одновременной пайки двух печатных узлов. Оборудование включает три функциональных модуля: модуль флюсования, модуль предварительного нагрева для активации флюса и прогрева печатного узла и модуль пайки. Технические характеристики установки приведены в Т 2.

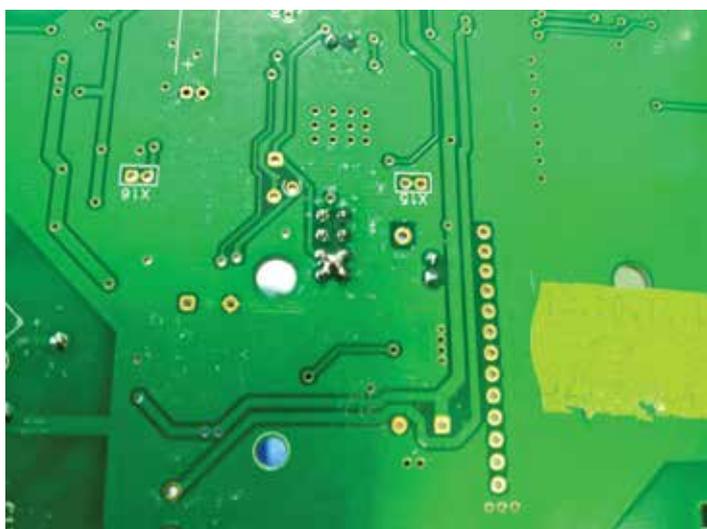
По результатам оценки параметров установки селективной пайки были получены следующие данные:

- отключен предварительный нагрев печатного узла с нанесенным флюсом перед пайкой;
- высокая температура припоя в ванне (295 °С);
- нарушение подачи азота (некачественные силиконовые прокладки);
- сбиты настройки по координатам в программе флюсования (происходит флюсование мест, пайка которых не производится);

- отсутствие поднятия миниволны на волнообразователях;
- неправильная форма миниволны при пайке вследствие быстрого окисления волнообразователей РИС 3;
- высокий расход флюса вследствие неправильно настроенных параметров флюсователя.

**3. Оценка качества пайки.** При визуальной оценке качества паяных соединений были обнаружены следующие дефекты:

- перемычки припоя между соседними выводами РИС 4;
- непропаи;
- отсутствие поднятия припоя с обратной стороны переходного отверстия на выводах штырьевых компонентов;
- белый налет на поверхности печатного узла РИС 5;
- большое количество мокрых остатков флюса.



4 Перемычки припоя между соседними выводами



5 Белый налет на поверхности печатного узла

Т 2

Технические характеристики установки селективной пайки на производстве заказчика

<b>Угол наклона конвейера</b>	0°	
<b>Ширина ПП:</b> одиночный конвейер двойной конвейер	63,5 – 406 мм (опционально: 508 мм) 60 – 204	
<b>Длина ПП</b>	127 – 508 мм	
<b>Скорость конвейера</b>	0,2 – 10 м/мин	
<b>Максимальный вес ПП</b>	5 кг	
<b>Модуль флюсования</b>	Тип флюсователя	высокоточный, перемещаемый по осям x/y
	Емкость бака флюсователя	2 литра
	Скорость позиционирования	2 – 400 мм/сек.
	Скорость флюсования	2 – 20 мм/сек.
	Точность позиционирования	± 0,25 мм
<b>Модуль пайки</b>	Ширина струи с флюсом	2 – 8 мм (диаметр сопла 130/270 мкм)
	Тип модуля пайки	модуль из нержавеющей стали, перемещаемый по осям x/y/z
	Минимальный внешний диаметр сопла	4,5 мм
	Максимальная высота волны припоя в волнообразователе	5 мм
	Объем припоя	14 кг (Sn63Pb37)
	Максимальная температура припоя	320 градусов
	Скорость позиционирования по: осям x/y осям z	2 – 200 мм/сек. 2 – 100 мм/сек.
	Скорость пайки	2 – 100 мм/сек.
	Точность позиционирования	± 0,15 мм
	<b>Модуль предварительно нагрева</b>	Тип нагревателя
Мощность		12 кВт
Диапазон нагревателей		0 – 200°

Очевидно, что качество пайки не соответствовало стандартам J-STD-001E «Требование к пайке электрических и электронных сборок» и IPC-A-610D «Критерии качества электронных сборок». Проанализировав полученные данные, технические специалисты Остека приступили к отладке технологического процесса селективной пайки печатных узлов.

1. Припой для селективной пайки заменен на высокочистый припой Elsold (Sn63/Pb37). Практика свидетельствует, что какое бы оборудование ни использовалось и как бы идеально ни были настроены параметры, при низком качестве припоя практически невозможно получить качественный результат.

2. Оптимизированы параметры установки селективной пайки и технологического процесса флюсования печатных узлов:

- настроены координаты в программе флюсования;
- уменьшено количество подаваемого флюса для нескольких видов компонентов;
- изменены настройки предварительного нагрева

Т 3, РИС 6, РИС 7

Т 3

Настройки предварительного нагрева на установке селективной пайки

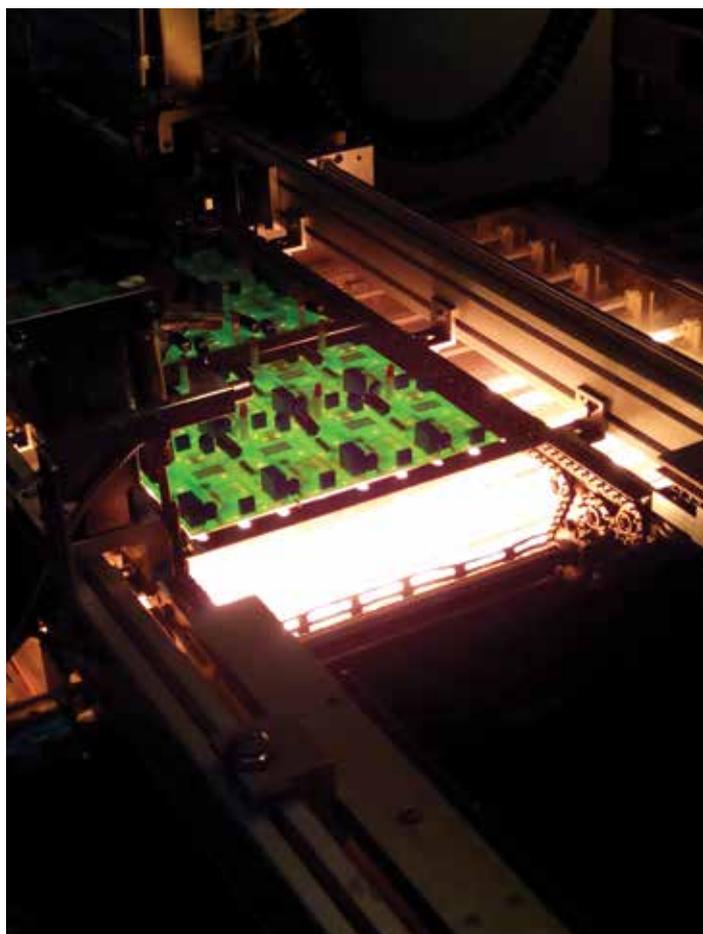
Первоначальные настройки		Скорректированные настройки	
Мощность нагрева	Время нагрева	Мощность нагрева	Время нагрева
50 %	20 сек	60 %	20 сек
70 %	20 сек	80 %	20 сек
90 %	20 сек	90 %	20 сек
Температура печатного узла составила 90 °С. Печатный узел не прогревается до температуры активации флюса (110 °С)		Температура печатного узла (120 °С) соответствует рекомендациям производителя флюса (110-130 °С)	

- удалены окислы с волнообразователей;
- даны рекомендации по замене силиконовых прокладок в зоне подачи азота;
- даны рекомендации использовать азот с чистотой 99,999 %;
- даны рекомендации по применению деоксиданта.

3. Проведено техническое обучение операторов: технология пайки волной, контроль параметров процесса, обзор дефектов и методы их устранения, важность применения качественных материалов, применение деоксиданта.

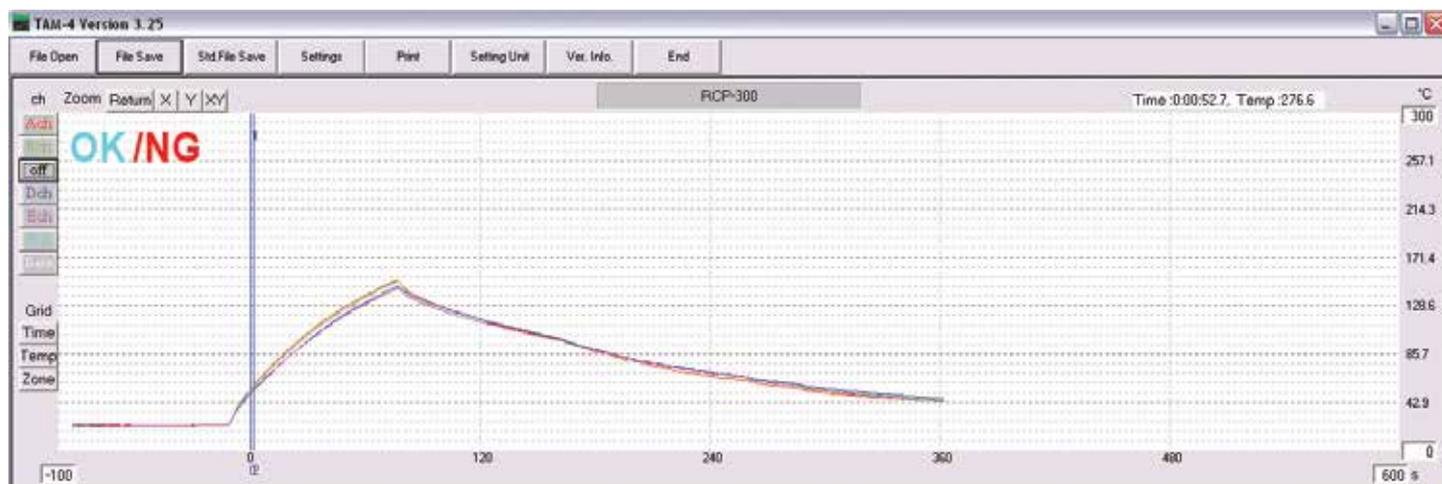
В результате проведенных работ по оптимизации технологического процесса селективной пайки были получены следующие результаты:

- При визуальной оценке расплавленного припоя не обнаружено образованного шлама после двенадцати часов работы. Далее образование шлама оставалось в пределах допустимых норм — не более 1 % от загрузки ванны в день.
- Производительность пайки волной увеличилась на 25 % за счет отсутствия простоев на очистку ванны от шлама.
- Достигнута существенная экономия припоя благодаря решению проблемы с чрезмерным шламообразованием: количество шлама сократилось более чем в 30 раз, ежемесячный расход припоя уменьшился на 93 кг (высокий показатель при объеме ванны припоя 12 кг).
- Количество дефектов в виде непропаев и перемычек снижено на 75 % за счет качественного припоя (более низкая вязкость припоя за счет отсутствия примесей, следовательно, хорошее заполнение монтажных отверстий; припой не липнет на паяном соединении; оксидообразование волнообразователя происходит медленнее).
- Отсутствие белого налета на плате **рис 8** и мокрых остатков флюса.



6 Измерение температуры печатного узла при предварительном нагреве при помощи регистратора температуры Malkom

- Пройдя обучение, оператор понимает причину образования того или иного дефекта и готов самостоятельно ее устранить и предотвратить появление в будущем.



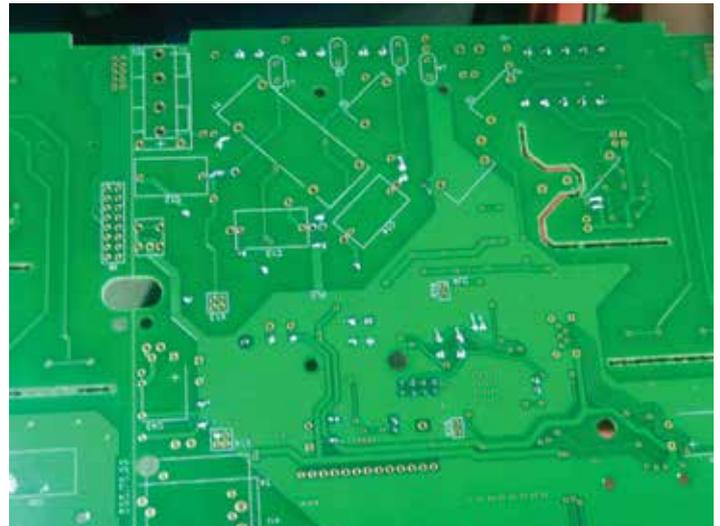
7 Измерение температуры печатного узла при предварительном нагреве при помощи регистратора температуры Malkom

После того как основная проблема заказчика была решена, был сформирован ряд общих рекомендаций по организации процесса групповой пайки и выбору технологических материалов для групповой пайки:

1. Использовать качественные припои с минимальным количеством примесей от производителей, успешно зарекомендовавших себя в области электроники. Так, припои Elsold широко известны и востребованы во всем мире благодаря сплавам высокой чистоты и минимальному присутствию примесей. Также припои Elsold легированы другими химическими элементами (Ni, Ge, P, Co), что способствует повышению качества пайки, образованию блестящих паяных соединений, снижению шламообразования и количества дефектов пайки.

2. Применять деоксиданты для снижения шламообразования и расхода припоя, а также для повышения качества пайки. Содержание фосфора в припое способствует снижению шламообразования благодаря тому, что на поверхности расплавленного припоя образуется тонкая пленка фосфора, которая препятствует проникновению кислорода в припой и дальнейшему его окислению. Высокочистые припои Elsold для волновой и селективной пайки уже содержат фосфор в небольшом количестве (менее 1%), но со временем концентрация фосфора в ванне падает в результате химической реакции с кислородом и оксидами в припое. Пример снижения концентрации фосфора приведен на рис 9. Для того чтобы поддерживать оптимальную концентрацию фосфора в ванне, рекомендуется добавлять таблетки деоксиданта Elsold, который может поставляться в вариантах как для свинцовой, так и для бессвинцовой технологии.

3. Соблюдать параметры технологического процесса групповой пайки: флюсование, предварительный нагрев,

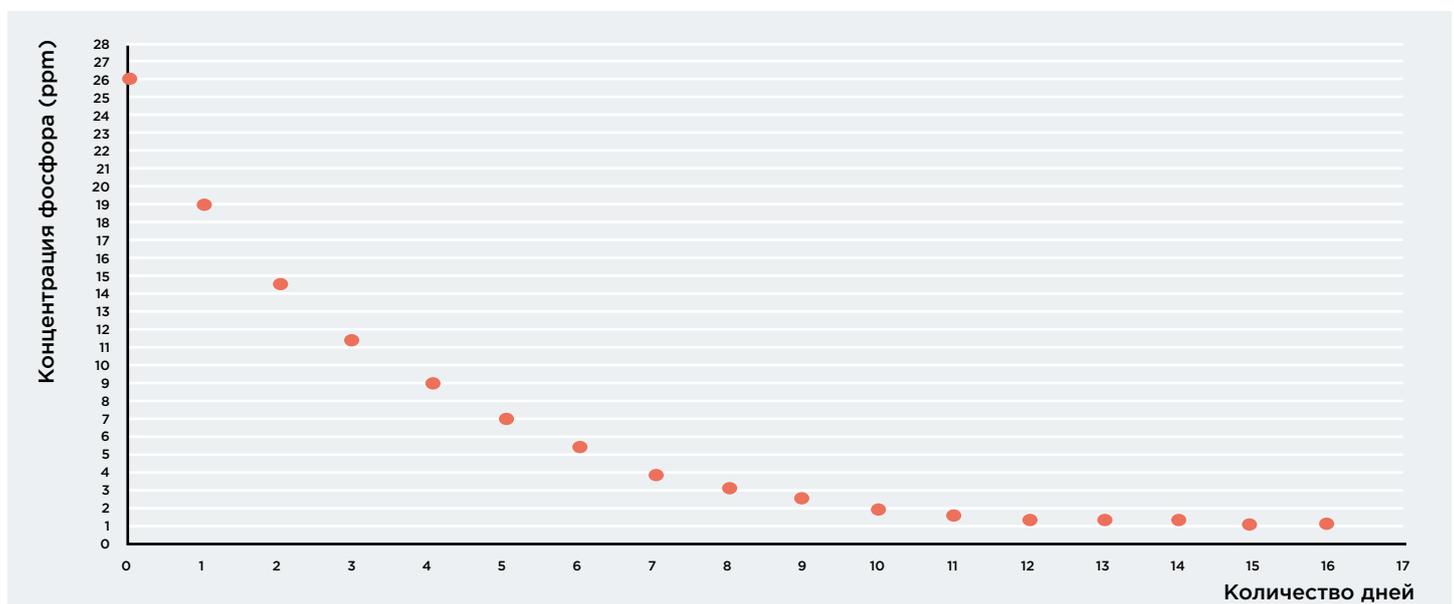


8 Печатная плата после устранения дефектов

поддержание температуры в ванне с припоем, правильное волнообразование, подача азота, время пайки, отсутствие оксидов на волнообразователе.

4. Проводить регулярный химический анализ припоя в ванне (не реже одного раза в месяц). На основе полученной информации делать выводы о состоянии припоя в ванне, необходимости его полной или частичной замены. Для получения информации о правилах корректного забора образца припоя для проведения химического анализа необходимо обратиться к специалистам.

Тесное сотрудничество, открытость и оперативное взаимодействие представителей заказчика и специалистов Остека позволили решить проблему в кратчайшие сроки и зафиксировать положительный эффект, полученный в результате оптимизации технологического процесса селективной пайки.



9 Динамика снижения концентрации фосфора в припое

Приведенный в данной статье пример наглядно показывает, какую значимую роль играют технологические материалы в процессе производства. Свойства материалов оказывают непосредственное влияние не только на качество конечного изделия, но и на его себестоимость, срок службы оборудования, трудозатраты, культуру производства. Применительно к процессам групповой пайки при использовании некачественного припоя высока вероятность возникновения таких дефектов, как: перемычки, непропаи, зернистая поверхность паек, потускнение поверхности паяного соединения. Также увеличивается оксидообразование в ванне, вследствие чего припой на волнообразователе начинает гореть, образуется шлам. Возникает необходимость несколько раз в час очищать ванну припоя от шлама, что приводит к потерям припоя в несколько десятков килограммов в день и повышенным трудозатратам. Применение качественных материалов, правильно выстроенная технология, контроль процессов — все это залог получения качественной продукции, минимизации дефектов и рисков в процессе производства.

Внимательно следует относиться и к выбору поставщика технологических материалов, что подразумевает: предоставление необходимых сертификатов на каждую партию продукции, содержащих данные по химическому составу припоя; наличие на складе; ассортимент; уровень технологической поддержки (наличие в штате технических специалистов, глубокое знание и понимание технологических процессов и оборудования, оперативное реагирование, индивидуальный подход к заказчику, обучение персонала, аудит производства). Своевременная и грамотная работа специалистов технической поддержки формирует добавленную стоимость продукта. Здесь весьма уместно привести фразу миллионера Уоррена Баффета, который известен своей чрезмерно высокой бережливостью, переходящей в скупость: «Вы платите цену, а получаете стоимость». Низкая цена — это еще не все. Ключевое преимущество — это добавленная стоимость, которую обеспечивает поставщик материалов. Сравнивая продукцию и поставщиков, нужно учитывать не цену за единицу продукции, а затраты или стоимость достижения результата. ▣

# Система Zeta компании Komax как новая философия производства электротехнических изделий.

Визит на завод  
«Грундфос Истра»

Текст: Владимир Мейлицев  
Илья Шахнович

”

В 1975 году в город на Неве вошла яхта "Даннеброг" с Ее Величеством Королевой Дании Маргрете II на борту. Это был первый визит в Россию европейского монарха с 1917 года. Через 36 лет, 6 сентября 2011 года, яхта "Даннеброг" вновь пристала к невской набережной — Королева Маргрете II посетила нашу страну во второй раз. В ходе визита Ее Величество побывала на российском заводе датской компании Grundfos, расположенном в Подмосковье, и даже приняла участие в церемонии открытия второй очереди этого предприятия. Это лишний раз подчеркивает, сколь важную роль играет это предприятие в экономике Дании, каково его значение для развития сотрудничества между нашими странами. Конечно, завод "Грундфос Истра" очень интересен и своей продукцией, и динамикой развития, и организацией производства. В частности, с 2014 года на нем действует первая в России комплексная автоматическая линия обработки кабеля серии Zeta 633 компании Komax. Уникальность этой установки в том, что она обеспечивает автоматическую обработку индивидуальных проводов, меняя тем самым сложившиеся подходы к организации производства многих видов электротехнических изделий. Даже в Европе таких установок пока немного. Королева Дании в ходе своего визита посетила прекрасное, современное производство, но ей не повезло — тогда на предприятии еще не было системы Zeta 633. Мы же не упустили шанс узнать, какова Zeta 633 в условиях реальной эксплуатации.



Завод «Грундфос Истра» — российское предприятие, входящее в состав датского холдинга Grundfos, крупнейшего мирового производителя насосов и насосных систем<sup>1</sup>.

Начав свою историю в 1945 году как небольшая мастерская Поля Ду Йенсена, спроектировавшего к тому времени первый насос, сегодня Grundfos объединяет 83 представительства в 56 странах мира, имеет 15 производственных компаний, владеет 12 торговыми марками и включает пять компаний с другим направлением бизнеса.

Предприятия концерна, на которых работают порядка 19 тыс. человек, выпускают в год более 16 млн единиц насосного оборудования.

Grundfos выпускает насосы самых разных мощностей и сфер применения: бытовые, промышленные, насосы для профессионального водоснабжения, водоотведения, водоподготовки, системы повышения давления воды для водоснабжения и пожаротушения, циркуляционные, канализационные, погружные, дозировочные насосы, системы дезинфекции. Кроме того, компания производит компоненты для насосной продукции, двигатели,

устройства и комплексы автоматики и управления насосами и насосными системами.

Первые насосы Grundfos были поставлены в СССР в 1962 году. Официальное представительство концерна в нашей стране было открыто в 1992 году, в 1998 году была основана дочерняя компания ООО «ГРУНДФОС», а в 2005 был сделан следующий шаг: запущено собственное производство Grundfos в России — в Истринском районе Московской области начал работать завод «Грундфос Истра».

Завод постоянно совершенствует свою технологическую оснащенность. Одним из последних крупных мероприятий в этом ряду стал ввод в строй автоматической линии Zeta 633 производства швейцарской компании Komax.

Прошло время, и мы решили поинтересоваться: как эта линия показала себя в ходе эксплуатации? Насколько сложно было ее освоить? Как она вписалась в технологическую цепочку? Ощутим ли эффект от ее внедрения? На эти вопросы нам ответил главный механик завода Антон Сергеевич Ермаков.

<sup>1</sup> По объему продаж насосного оборудования для промышленности, коммерческих и жилых зданий в мире (по данным The Freedonia Group от 2015 года).

## Антон Сергеевич, что представляет собой завод Grundfos в России?

Общая площадь завода около 30 тыс. м.: 12 тыс. м<sup>2</sup> производственных площадей, 5 тыс. м<sup>2</sup> занимает административное здание и 13 тыс. м<sup>2</sup> — отдел логистики. У Grundfos в России 28 представительств, шесть складов в различных городах РФ и один в Минске. Нашу продукцию на местах установки обслуживают 124 сервис-партнера в 64 городах, включая 36 сервис-партнеров по профессиональному оборудованию.

Наше производство сертифицировано по российским и международным стандартам; так, у нас есть сертификат системы менеджмента качества ISO 9001:2000, экологический сертификат ISO 14001:2004; система менеджмента профессионального здоровья и безопасности отвечает требованиям международного стандарта OHSAS18001.

## Ваши изделия аналогичны тому, что производится на других заводах холдинга?

Решение об открытии производственного предприятия в России было принято не только затем, чтобы приблизить производство к потребителям на многообещающем рынке, но и чтобы получить возможность максимально быстро и эффективно адаптировать изделия под нужды каждого конкретного заказчика. Поэтому, как правило, схема нашего взаимодействия с технологическим центром концерна, находящимся в Дании, такова: там разрабатываются базовые технические решения, а мы дополняем их различными опциями в зависимости от потребностей местного рынка. Для этого у нас есть инженерный отдел. Естественно, разработанную опцию нужно утвердить у датских коллег, после чего она, кстати, может стать групповой, то есть доступной для внедрения и на других предприятиях холдинга.

Первые несколько лет становления нашим техническим директором был представитель головного предприятия из Дании, он следил за первыми шагами по развитию завода. Сейчас он проводит аналогичную работу в Сербии, а наш менеджмент стал полностью российским. У нас есть определенная корпоративная политика, которая регламентирует многие стороны нашего производственного процесса. Так, прямо в цеху проводятся планерки по текущим вопросам производства. Ежедневно в одном месте, в одно время собираются сотрудники: все старшие операторы, начальник производства, руководитель отдела планирования, технический директор, представители отдела кадров и отдела качества. Три-четыре раза в неделю планерку посещает генеральный директор. Перечень вопросов — безопасность, качество, ход выпуска продукции, ресурсы



А.Ермаков



Ее Величество Королева Дании Маргрете II в цеху завода «Грундфос Истра»



Насосное производство



и затраты, общее состояние производства и новые идеи по его улучшению. Рассматриваются и проблемы, например, задержки с поставкой компонентов и т. д. Такая планерка позволяет за 15 мин. обсудить состояние всего производства.

На уровне концерна Grundfos приняты высокие стандарты качества выпускаемой продукции, которые в обязательном порядке соответствуют мировым и отечественным требованиям. И мы им неукоснительно следуем. Сколь бы сильно ни были кастомизированы наши изделия, пусть они даже являются нашей собственной разработкой, — продукция, изготовленная в России, по качеству ничем не отличается от той, которая производится в Дании, США или Германии, а по некоторым критериям даже превосходит изделия наших коллег.

Номенклатура продукции «Грундфос Истра» доста-

точно широка. Здесь производятся насосы вертикального и горизонтального типов, напорные и всасывающие, одно- и многоступенчатые. Часть из них является конечным продуктом, другие уходят на линию производства насосных установок. Кроме того, так как и станциями, и отдельными насосами надо управлять, на заводе организован участок сборки систем управления, где выпускаются шкафы управления. Отметим, что до сих пор во всем мире задача автоматизации сборки таких шкафов практически не решена — крайне сложно разделить процессы подготовки кабельной системы и собственно монтаж шкафа.

Система Zeta 633 позволяет преодолеть данную проблему. Поскольку линия Zeta 633 работает на участке сборки систем управления, именно он стал основным объектом нашего интереса.



Примеры продукции, включая системы управления

## Какую продукцию выпускает участок сборки систем управления?

Продукция участка — системы управления, так называемые шкафы управления. Самый маленький имеет размеры 380 x 380 x 210 мм, самый большой — это 12 м состыкованных секций со снятыми боковыми стенками и единой монтажной платой на всю длину. Электрическая мощность, которую контролирует шкаф, также весьма различна. Я начинал в Grundfos как разработчик шкафов управления, и самый большой проект, который я выполнил, был рассчитан на ток 3,5 кА — это была система управления для станции городского масштаба.

Сейчас у нас в производстве шесть линеек шкафов. К наиболее востребованным относится линейка Control MPC для управления группой от одного до шести насосов. Причем это только основные, мощные насосы; по желанию заказчика к ним могут добавляться небольшие периферийные, скажем, дренажный или жокей-насос. Обычно бывают и другие потребители — для Control MPC на сегодня разработано порядка 70 опций самого разного назначения: от дополнительных сигнальных лампочек на передней панели или включения вентиляции в помещении насосной станции до устройства передачи данных в систему управления высшего уровня или модуля удаленной диспетчеризации.

Производится большое количество систем Control MP204 для управления одним насосом, а также шкафов для систем пожаротушения (прибор управления пожарный Control MX). Линейка Control DC — шкафы управления для группы насосов, работающих в системах дренажа или канализации. Такие насосы должны создавать не напор, а всасывающее усилие, и это накладывает отпечаток на состав и функции системы управления. Шкафы управления дренажными насосами LC, LCD выпускаются в небольших пластмассовых корпусах. Control WT — полностью кастомизированные шкафы, каждый уникален, стандартной линейки у них нет.



Участок сборки систем управления

Заказчик подробно объясняет, что ему нужно, и наши инженеры — а их на проектировании систем управления занято восемь человек — разрабатывают принципиальную электрическую схему и алгоритм функционирования автоматики. Алгоритм реализуется в контроллере, который мы получаем из Дании. Правда, есть исключение: алгоритм работы станций пожаротушения Hydro MX полностью разработан инженерами российского подразделения Grundfos и сертифицирован по нормам пожаротушения РФ, сам контроллер производится сторонней компанией. Как бы то ни было, мы выполняем всю проектную работу сами и выдаем заказчику готовое изделие.

Детали конструкции систем управления и панели для изготовления монтажных плат мы приобретаем у сторонних поставщиков. Внутренняя фурнитура включает два типа установочных элементов: кабельные каналы, в которые укладываются жгуты, и DIN-рейки, на которые крепятся компоненты — удобно, надежно и очень быстро. Для тех компонентов, которые, например, из-за большого веса не могут быть закреплены на DIN-рейках, используем резьбовые заклепки.



Сборка шкафов управления: **A** — монтажная плата в шкафу; **B** — кабельные каналы и компоненты (на монтажной плате — на DIN-рейках, на передней панели — на резьбовых заклепках); **C** — смонтированный шкаф

## Как происходил процесс автоматизации производства электрических шкафов?

В ходе работы участка сборки систем управления возникла задача автоматизировать производственный процесс. Начали мы с механосборочных работ, и первой нашей автоматической установкой стал станок для лазерной резки. В передних панелях шкафов станок вырезает все необходимые отверстия под органы управления, контроллер, стрелочные приборы и т. п., на монтажной плате — отверстия под крепеж. Это заметно ускорило работу. После появления лазерного станка доля ручного труда на механосборочных работах сократилась более чем на 50 %. Благодаря внедрению новых разработок мы добились точности, которая была недостижимой при ручной обработке. Отпала необходимость в доработках по месту, в итоге упростился труд слесарей — не надо размечать, сверлить, достаточно лишь установить в соответствии с чертежом кабельные каналы и DIN-рейки. При этом, вследствие увеличения объемов производства, штат электромонтажников вырос больше, чем вдвое.

## Следующий шаг — автоматизация заготовки проводов?

При кажущейся очевидности, к нему мы пришли не сразу. Прежде всего потому, что не имели полного представления о возможностях современных технологий обработки провода. Мы не знали прецедентов автоматизации такого рода процессов, ведь каждый наш шкаф и, соответственно, его кабельная система достаточно уникальны — в этом специфика такого рода производств.

Фактически к этому нас подтолкнули специалисты компании EPLAN — известного поставщика САПР. Мы узнали о способности этой системы выдавать документацию на кабельный комплект в виде, совместимом



Установка лазерной резки



с интерфейсом автоматического оборудования обработки кабелей. Это вызвало интерес, мы задумались о данной технологии. Начали анализировать производственный процесс. При ручной обработке проводов монтажник должен, не отрезая провод от бобины, проложить его по штатному маршруту между точками подключения, затем отрезать, зачистить концы, выбрать и надеть маркировочные бирки с нужными обозначениями, обжать наконечники — и так с каждым проводом. Если это можно доверить автомату, то что останется монтажнику? Только проложить подготовленные провода и подключить к клеммам согласно маркировке. Экономия времени заметна сразу. Налицо возможность разделения производства на заготовку и сборку. Кроме того, для ручной обработки провода нужна определенная квалификация. Но даже у подготовленного монтажника при ручной зачистке провода порой повреждаются токопроводящие жилы. Мы оценили объемы. Самый простой шкаф, управляющий одним-двумя насосами, —



Автоматическая линия Zeta 633: **А** — с лицевой стороны; **В** — со стороны системы подачи проводов



Система подачи проводов и мерной резки Zeta 633. Слева — селектор выбирает один из проводов; справа — шкивы с ремнями протягивают провод через ролики рихтовки; за шкивами — ролик энкодера, отмеряющего заданную длину провода

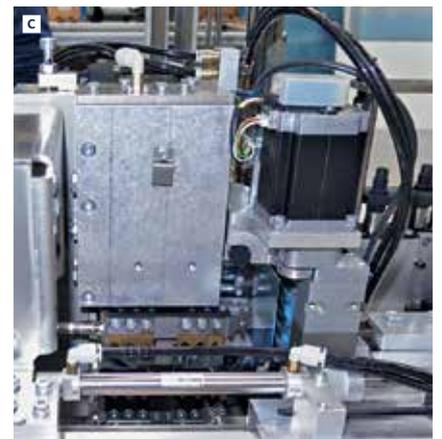
это примерно 50 проводов; самый сложный — до 300. Годовое производство, по грубой оценке, — от 5 до 8 тыс. шкафов. Простых шкафов больше, не все провода будут обрабатываться автоматически, но все равно получают сотни тысяч проводов в год. Такой объем обещал оправдать инвестиции. И мы начали изучать рынок, связались с компанией Komax, а затем с их полномочным представителем в России — предприятием Остек. И приступили к непосредственному выбору оборудования.

### Исходя из каких критериев вы выбрали установку?

подавляющее большинство представленного на рынке оборудования сконструировано для массового изготовления одинаковых проводов, например, для задач автопрома, бытовой техники и т. п. На таких производствах сначала делается партия проводов одного типа, затем, после переналадки — второго и т. д. У нас же специфика другая: есть неизменные модели систем управле-

ния, но мы выпускаем и много уникальных продуктов. Каждый провод в таких системах индивидуален — хотя бы маркировкой, но непохож на остальные. Поэтому предварительная заготовка однотипных проводов неэффективна и сложно реализуема. По сути, шла речь об автоматизации процесса подготовки и обработки отдельных проводов с очень широкой номенклатурой. Согласитесь, такая задача еще несколько лет назад выглядела фантастической.

Однако у компании Komax есть серия автоматов Zeta 633. Эти установки в наибольшей степени подходят для задач мелкосерийного производства с широкой номенклатурой. Ключевая их особенность в том, что они в ходе непрерывной работы, без переналадки производят мерную резку, зачистку, маркировку, обжим, проверку различных по конструкции проводов. Система Zeta была спроектирована как будто специально для производства наших шкафов управления.



А — принтер маркировки проводов Komax IMS 295 MC; Б — перехватывающие захваты (шаттлы); В — ножевой блок

## Установка Zeta 633 пока мало известна российским специалистам. Расскажите о ней подробнее.

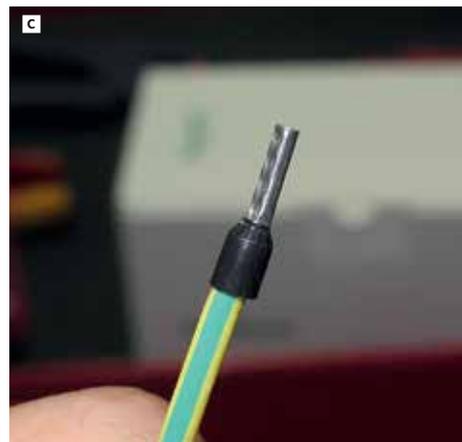
Это универсальная модульная система, по сути — конструктор. В отличие от других установок Komaх система подачи автомата Zeta 633 позволяет одновременно работать с большим числом проводов — от 6 до 36, расширение происходит путем подключения модулей на шесть проводов. Входной узел системы подает нужный провод в машину. Первая операция — мерная резка. Провод перемещается, будучи зажат между двумя ремнями, надетыми на вращающиеся шкивы. Заданная длина отмеряется при помощи энкодера. В процессе движения провод проходит через систему роликов, производящих его рихтовку. После резки каплеструйными принтерами (IMS-295) на концы провода наносится маркировка. Далее производится зачистка концов ножевым блоком. Этот блок оснащен комплектом ножей для всех диаметров провода, обработка которых предусмотрена комплектацией машины — в нашем случае их шесть. Зачистка может быть полной или неполной, в зависимости от программы. Зачищенные концы формуются посредством ультразвуковой сварки. После сварки зачищенный конец жилы провода становится монолитным — это позволяет отказаться от наконечников. Но при необходимости установку можно оснастить несколькими модулями опрессовки для наконечников разных типов, в том числе очень специфичных.

Возможно добавление модулей сварки, установки уплотнителей. В целом, наша машина допускает установку пяти операционных модулей; однако Komaх выпускает целую линейку машин Zeta с разной длиной базы, и в самую большую из них может быть установлено до 12 модулей. Готовые провода попадают в бандажную систему, которая их сортирует и объединяет в заданном порядке и количестве в технологические сборки — гирлянды. Машина позволяет задавать множество правил комплектования гирлянд, логика объединения опреде-



Система бандажирования: **A** — манипулятор бандажной системы готов захватить изготовленные провода и переместить их к бандажеру; **B** — изготовление гирлянды; **C** — готовая гирлянда

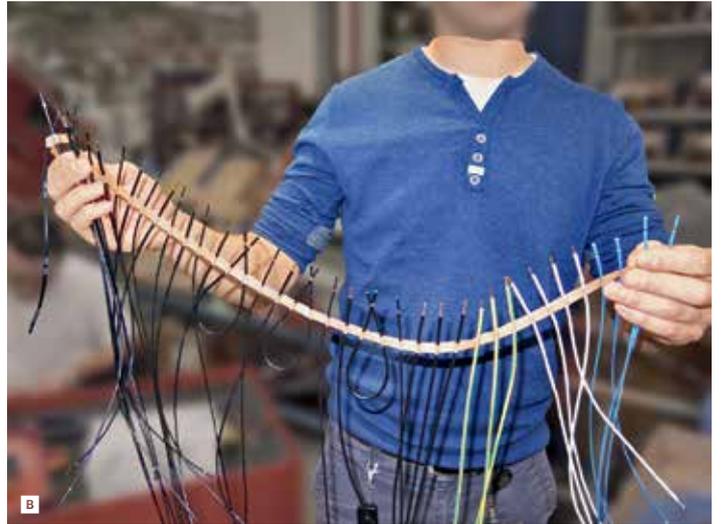
ляется в соответствии с последовательностью монтажа. Это эргономично: раньше монтажник искал нужный провод в большом беспорядочном пучке, а теперь он просто последовательно отделяет провода от гирлянды. Для подачи провода в зоны зачистки и опрессовки, а также к манипулятору бандажной системы используются подвижные перехватывающие захваты — шаттлы. От их числа зависит быстродействие машины.



Обработка концов проводов: **A** — модуль ультразвуковой сварки; **B** — вывод после УЗ-сварки; **C** — вывод, армированный наконечником



Эргономика электромонтажа: **A** – провода, подготовленные без участия автомата: наборная маркировка, обжатые вручную наконечники, случайное расположение в пучке; **B** – технологическая гирлянда, подготовленная бандажной системой Zeta 633. Часть законцовок имеет неполную зачистку



## Как происходил выбор конкретной конфигурации системы?

Zeta 633 — модульная машина, поэтому важно было определиться с комплектацией. Прежде всего, мы выбрали число модулей системы подачи проводов. Каждый шестипроводной модуль — это затраты, поэтому нужно было сразу определиться с типами проводов, которые мы планировали обрабатывать на автомате. Причем надо учитывать, что для нас тип провода — это не только его сечение, но и цвет.

Проанализировав продажи, мы выяснили, какие шкафы заказываются наиболее часто — у нас не было намерения автоматизировать изготовление уникальных изделий. С другой стороны, мы учитывали валовое потребление проводов. Провода малого сечения в этом плане явно лидируют, их расходы достигают 25 км в месяц. Мы остановились на 12 типах, за пределами этой

группы остались провода, которых требовалось не более 250 м в месяц. В шкафу обычно от трех до пяти таких проводов, экономически оправдано обрабатывать их вручную.

Изначально мы рассматривали конфигурацию машины с очень высокой производительностью — планируемую ежедневную работу она могла выполнить за два часа.

По нашим расчетам она окупалась, однако ряд функций в данном решении был не востребован, и мы решили приобрести модифицированный вариант Zeta 633. Например, она может оснащаться двумя принтерами, чтобы одновременно маркировать провода в черной и белой изоляции. Мы просто исключили некоторые цвета проводов, а для единственного принтера выбрали такой цвет, чтобы на остальных он хорошо читался. Сократили до двух число шаттлов, перемещающих провода между зонами станка. Удалили ряд опера-



Рукав и контейнер для удаления отходов





Ручной гидравлический инструмент для опрессовки наконечников. Имеет вставки для наконечников разного диаметра. В отличие от механических обжимных клещей управляется одной рукой и обеспечивает единообразное контролируемое усилие обжатия

ционных модулей, например, отказались от опрессовки наконечников. У нас наконечниками армируются в основном провода большого диаметра для силовых цепей, их в шкафу единицы. Мы решили, что здесь можно обойтись средствами малой механизации. В результате мы отказались от ряда второстепенных функций, машина замедлилась — теперь дневная норма выполнялась за 4–6 ч. — но мы получили автоматическую линию, полностью отвечающую нашим требованиям.

Процесс приобретения также имел свои особенности. Мало выбрать нужную установку, необходимо еще до закупки удостовериться, что она точно способна решать наши задачи. Мы запрашивали у производителя образцы проводов отобранных цветов, отправляли на тестирование в Komax; наверное, в сумме набралось килограммов 200 провода. Кроме того, в Grundfos принята очень серьезная процедура приемки сложного технологического оборудования.

Датские коллеги обязывают нас выезжать на завод-изготовитель и испытывать станок в работе в течение как минимум рабочей смены. Применительно к Zeta было определено количество проводов, которое нужно было обработать в ходе тестового прогона. По установленному алгоритму измерялись эксплуатационные показатели станка, коэффициент его эффективности.

Кстати, у Zeta он получился очень хороший, такой редко увидишь на других комплексах. Секрет в том, что правильная настройка станка снижает уровень брака до минимума. Как только было принято решение о закупке Zeta, мы пересмотрели процесс производства электрических шкафов. Был запущен проект по сбору информации о длине проводов непосредственно на рабочих местах: оператор при сборке производил записи о длине проводов, которые он изготовил. И к моменту установки машины — в августе 2014 года — у нас уже была база данных в нужном формате, покрывающая 50–60 % продукции. Включив установку, мы загрузили в нее файлы этой базы и в течение трех недель вышли на рабочий режим.

### В какой мере установка Zeta 633 автоматизировала обработку проводов?

В среднем 70 % всех кабелей мы изготавливаем на автомате Zeta; но здесь хотелось бы отметить некоторые особенности. Участок сборки систем управления разделен на две линии: одна производит стандартные шкафы, которые предназначены для установки в выпускаемые заводом насосные станции, изделия второй представляют собой продукты, выпускаемые по индивидуальным проектам. Первая из этих линий обеспечивается проводами с установки Zeta на 90 %, так как те шкафы более или менее однотипные. Системы управления второй линии сильно кастомизированы, и для каждой из них готовить программы обработки проводов зачастую экономически нецелесообразно.

Для проектирования систем управления мы используем САПР компании EPLAN. Она может автоматически подготовить проект разводки проводов. Но для этого ей нужны 3D-модели конструктивных элементов наших шкафов и, главное, компонентной базы, насчитывающей многие сотни позиций. К сожалению, в библиотеке САПР EPLAN наших объектов нет, их необходимо создавать самим. А потом еще нужно ввести в систему чертежи монтажных плат, разместить на них компоненты, провести трассировку, и тогда САПР выдаст проводной журнал — что и нужно для обработки на машине Zeta 633. Это большая работа, она требует определенного инженерного ресурса. Поэтому мы решили сначала автоматизировать процесс подготовки жгутов для продукции, которая дает 80 % объема, а остальные 20 % решили пока делать вручную. Возможно, в будущем мы придем к тому, что инженерный отдел будет генерировать информацию для кабельного журнала, тогда если не 100 %, то 95 % всего производства обеспечим автоматической подготовкой проводов.

Пока же информацию по кабельной сети новых систем управления, которые решено перевести на автоматическую обработку, готовит оператор установки Zeta.

## Какие провода используются при монтаже шкафов управления?

Для систем управления Control мы применяем многожильные медные провода. Максимальное сечение, которое обрабатывает наша машина, — 6 мм<sup>2</sup>. В это ограничение укладывается 80–85 % проводов, так как в основном используются провода минимального сечения — 0,75 мм<sup>2</sup>. Ими прокладываются цепи управления; в шкафу на 270 проводов на эти цепи приходится 230–240. Часть проводов сечением 0,75 мм<sup>2</sup> в слаботочных цепях планируется заменить на провода сечением 0,5 мм<sup>2</sup>. Для этого приобрели дополнительный модуль системы подачи на шесть проводов.

## Удобно ли работать на установке Zeta 633? Как быстро можно ее освоить? Об этом нам рассказал оператор Андрей Васильевич Курочкин.

Удобство работы после приобретения Zeta 633 несравнимо с тем, что было раньше. Машина оборудована датчиками во всех значимых точках рабочего процесса, каждый сбой, каждое неверное действие она замечает и показывает оператору. Что касается интерфейса, то тут особых проблем нет. Технический английский здесь знают все, а я к тому же и раньше работал на разных типах станков с программным управлением, сам



А.Курочкин

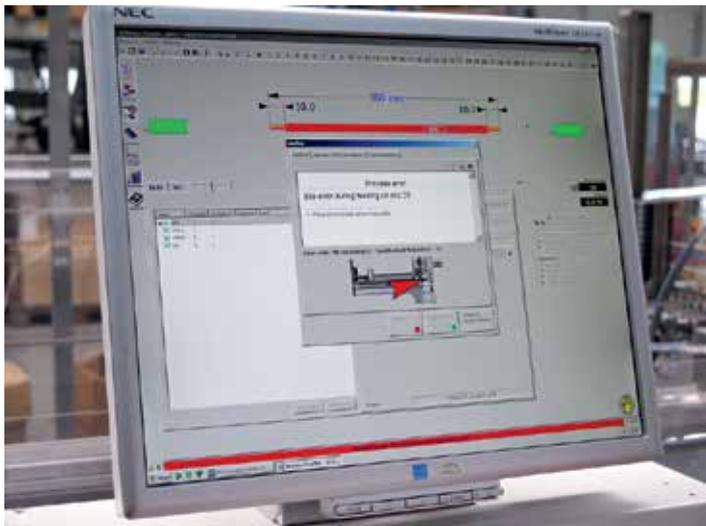
писал программы. В сложных случаях помогает главный инженер, специалисты из технической поддержки. Конечно, чтобы разобраться во всех деталях и возможностях машины, нужно немало времени. Думаю, что за год я изучил возможности оборудования где-то на 45 %. Этого вполне хватает не только для рутинной работы, но и для самостоятельного преодоления многих нестандартных ситуаций. На автомате работать наиболее комфортно, когда по одному файлу задания производится большое число комплектов. Если же заданий немно-



**Об особенностях реализации проекта внедрения системы Zeta 633 в компании "Грундфос Истра" с точки зрения поставщика оборудования нам рассказал начальник отдела модернизации производств кабельных изделий ООО "Остек-ЭТК" Роман Лыско:**

Начну с того, что это первый прецедент внедрения автоматизированной линии Zeta в России. Поэтому для нас этот проект знаковый, по сути — демонстрационная площадка для потенциальных заказчиков, производителей электрошкафного, электрощитового, другого электротехнического оборудования. Сюда не стыдно привести любого заказчика. За это мы очень благодарны руководству "Грундфос Истра". Порой главный механик завода делает

за нас нашу работу, когда показывает линию Zeta своим коллегам с других предприятий. Внедрение системы Zeta в реальное производство электрошкафов имеет очень глубокий смысл для всей электротехнической индустрии. Ведь Zeta — это не просто новая установка, это новая философия производства электротехнических изделий. Это инструмент для полного разделения участков заготовки проводов и сборки изделий — так, как это делается в автомобильной промышленности или при производстве бытовой техники. Почему изготовление электротехнических шкафов так тяжело поддается автоматизации? Потому что для него характерна обширнейшая номенклатура проводов при небольшой серии. Здесь нужно решение, которое обеспечило бы высокую гибкость при большой номенклатуре. Разделить заготовку и сборку можно только тогда, когда автоматическая обработка охватывает значительно больше половины объема проводов. И опыт завода "Грундфос Истра" показывает, что Zeta предоставляет такое решение. Очень важно, что мы на прак-



Монитор рабочего места управления автоматом Zeta 633. Сообщение об ошибке: «Задержка при подаче в слоте 20»

го, но они разные, то необходимо не только загружать новые программы, но и проводить обучение, адаптацию к новому заданию. Кроме того, инженеры достаточно часто корректируют схемы, и тогда приходится работать в Excel с таблицами, а потом конвертировать данные в формат Zeta. Но это уже чисто рабочие нюансы. В целом, Zeta 633 — очень полезное приобретение. По опыту: если раньше на изготовление шкафа пожарной станции уходило два-три дня, то теперь его собирают за один день.

тике убедились: система Zeta 663 позволила значительно снизить трудоемкость, очень быстро продемонстрировала прямую экономическую эффективность, обеспечила повышение качества продукции. Дополнительный вес проекту добавляет то обстоятельство, что он является пионерским не только для России, но и для компании Grundfos в целом. Обычно отечественные предприятия, созданные в рамках международных концернов, вводят технологические новшества вслед за своими иностранными коллегами. А в данном случае флагманом инноваций выступил российский завод — первый во всем холдинге. Обращу внимание, что для любого предприятия линия Zeta — это еще и определенное конкурентное преимущество. При участии в тендерах, в том числе муниципальных и региональных, обладатель этой машины может предложить заказчику более короткие сроки выполнения, а ведь сроки — одно из немаловажных конкурсных условий. Более того, зачастую сам факт наличия установки от известного мирового производителя является конкурентным преимуще-

## Как проверяются изготовленные провода?

Никакие отдельные тестовые установки не требуются. Модули машины сами выполняют контрольные процедуры. Например, система протяжки провода выявляет задержки в его движении, о чем сигнализирует оператору и останавливает работу. Таким образом отслеживаются повреждения изоляции, заломы провода. Система резки с энкодером выявляет ошибки по длине; ножевой блок определяет глубину и качество зачистки. Модуль ультразвуковой сварки сам проверяет параметры прямоугольника, форму которого приобретает сечение провода после сварки. Важно, что при любом браке машина отрезает негодный участок провода и в конце выполнения задания изготавливает его повторно. То есть даже случайно отбракованный провод в работу не пойдет. Качество зачистки, наличие перерезанных жил проверяет оператор машины. Обычно такие неприятности происходят при смене бобины. Недаром производители проводов указывают толщину изоляции с допуском: двух абсолютно одинаковых проводов не бывает, новая бобина — немножко другой провод. Запомнив новые параметры провода, дальше Zeta с этой бобиной брака не допускает. И это очень серьезное преимущество внедрения автомата: человеческий фактор исключен.

ством для предприятия. Показать заказчику серьезный уровень технологической оснащенности — всегда плюс.

Нам, как поставщикам, проведенная работа дала ценный опыт — опыт очень быстрой реализации проекта. По договорным срокам мы успевали без труда, но заводу нужен был не факт поставки, а работающее оборудование — оно должно было стать серьезным подспорьем в выполнении программы четвертого квартала, по обыкновению очень напряженной. Руководство Komaх пошло нам навстречу и запустило изготовление линии до завершения всех формальностей, но их же надо было завершить! И мы успели.

Хочу отметить, что завод "Грундфос Истра" — очень приятный партнер в повседневной работе. Служба главного механика никогда не допускает форс-мажоров в проведении техобслуживания, все необходимые мероприятия по сервису планирует и обеспечивает заранее. Побольше бы таких партнеров. У нас прекрасные деловые отношения. Надеюсь, они продолжатся и в дальнейшем.

## Насколько установка удобна в техническом обслуживании?

**А. Ермаков:** Здесь в полной мере проявляется клиентоориентированность производителя. В поставочном комплекте документации есть все чертежи оборудования, полный список деталей и механизмов, всех узлов и модулей с заводскими номерами. Это значительно упрощает работу с машиной. Отдельного упоминания стоит подход Koma к организации сервиса. Компания предоставляет перечень необходимых запчастей и материалов для проведения всех видов ТО. Не надо ломать голову, собирать из разных документов сведения по обслуживанию узлов и агрегатов. Наступило время ТО после 300 тыс. циклов? Пожалуйста, вот список ремней, шаттлов, направляющих, которые надо заменить; вот перечень мест, где надо произвести смазку, и материалов, необходимых для этого. Остается только не забыть проконтролировать этот процесс.

## Когда Вы ощутили эффект от внедрения установки?

Zeta запущена в августе 2014 года, вышла в полноценный режим эксплуатации в сентябре. С учетом того, что 4-й квартал для нас — всегда самый напряженный, не ошибусь, если скажу, что из более чем 7 300 шкафов, изготовленных в 2014 году, примерно 40 % собрано с ее помощью. Летом 2015 года мы проводили регламентные работы, которые положено выполнять после 300 тыс. рабочих циклов. То есть меньше чем за год в шкафы установлено 300 тыс. проводов, изготовленных на автомате Zeta. И, конечно, можно говорить о ряде преимуществ внедрения такого решения.

Самое главное — производительность. Наши сотрудники из отдела оптимизации производства провели исследование и установили: мы ускорили работу на участке электрики более чем на 45 %. Если раньше шкаф собирался в две рабочие смены, то теперь — в одну. Это в среднем; на сложных системах выигрыш меньше, на простых — больше. Так, на маленький стандартный шкаф Control MPC, управляющий тремя насосами, прежде затрачивалось 4–4,5 ч., теперь это 1,5–2 ч. Второй эффект — качество. Автоматическая система, тем более такого уровня, как Zeta, гарантирует высокий и, что не менее важно, стабильный, практически независимый от человеческого фактора уровень качества изготавливаемых жгутов. Что влечет за собой минимизацию потерь времени при монтаже и, главное, его высокую надежность. В конечном итоге это повышает технический уровень выпускаемой заводом продукции.

Еще один немаловажный фактор — планирование. Раньше на монтаж одного и того же шкафа сотрудники, в зависимости от опыта, тратили два или три дня. Теперь мы можем определять время сборки гораздо точнее. Скажем, шкаф на 270 проводов, установка каждого занимает две или три минуты, опять же, в зависимости от квалификации.

Наконец, отмечена существенная экономия на материалах. Она состоит не только в том, что автомат допускает меньше брака, но и достигается за счет точной мерной резки. А благодаря ультразвуковой обработке законцовок проводов мы экономим на наконечниках вполне ощутимую сумму.

Поэтому можно точно сказать, что сроки окупаемости установки составят 16 месяцев, как мы и рассчитывали изначально.

## Каковы перспективы развития производства «Грундфос Истра» в целом?

Концерн не собирается ни уходить с российского рынка, ни сворачивать здесь производство. В стратегии Grundfos Россия определена как фокусный рынок, в связи с чем в наше производство продолжают инвестиции. В частности, в 2016 году у нас запланировано не только расширение нескольких существующих производственных участков, но и открытие новых — по производству оборудования для водоотведения. По предварительным данным, общий объем финансовых вложений составит порядка 3 млн евро.

Итак, общее впечатление от посещения завода «Грундфос Истра»: мы увидели производство европейского уровня — не только по качеству продукции, но и по организации всех процессов. Все — от обоснования инвестиций до планирования заданий отдельным работникам — продумано, систематизировано, поддержано детальной информацией в необходимом объеме. Даже внутризаводская логистика построена по-европейски: шаттл со склада утром привозит необходимый комплект деталей на одну-две смены, вечером увозит готовую продукцию, а на стеллажах в цеху хранится минимально необходимое количество компонентов, определенное с помощью специалистов отдела оптимизации производства.

В целом, думается, не будет ошибкой сказать, что «Грундфос Истра» отвечает смыслу понятия "лучшие практики" и может во многом служить примером для других российских производителей. И, как мы видели, не только для них: ведь внедрение автоматической линии обработки кабеля Zeta 633 — это технологический прорыв в масштабах всего холдинга Grundfos. После знакомства с постановкой дела на заводе приходит понимание, почему руководство чувствует себя уверенно в эти непростые времена и почему датский холдинг собирается и дальше развивать свое производство в России. 

# Новый язык управления производством

## LOGOS

Цифровая  
система  
управления



Система LOGOS разработана специально для управления современным производством. Она дает новые возможности сбора и обработки информации, необходимой для принятия решений, от которых зависят качество, сроки и эффективность работы предприятия.

### Преимущества системы

- исчерпывающая и объективная картина производства для руководителя предприятия;
- прозрачность производственных процессов на всех уровнях;
- прослеживаемость продукции по всему технологическому циклу;
- оперативное и перспективное планирование на основе точных данных;
- диагностика и предупреждение отклонений по качеству, срокам и эффективности;
- сокращение издержек за счет оптимизации ресурсов и снижения доли незавершенного производства.



будущее  
создается

[www.logos-system.ru](http://www.logos-system.ru)  
(495) 788 44 44  
[logos@ostec-group.ru](mailto:logos@ostec-group.ru)





## Видеть сегодня производство будущего невозможно, **НО ПУТЬ К НЕМУ — НЕОБХОДИМО**

Чем сложнее производство, тем сложнее учесть все факторы, от которых завтра будут зависеть его эффективность, рентабельность, конкурентоспособность его продукции. Опираясь на свой опыт и сотрудничество с ведущими мировыми поставщиками оборудования и технологий, мы содействуем комплексному развитию предприятий электронной и радиоэлектронной промышленности. Наш подход основан на пяти слагаемых: исследование, планирование, проектирование, оснащение, сопровождение. Эта формула технологического роста позволяет предприятиям найти оптимальный путь к успеху.



будущее  
создается

[www.ostec-group.ru](http://www.ostec-group.ru)  
(495) 788 44 44  
[info@ostec-group.ru](mailto:info@ostec-group.ru)

